

Original document

# CONTROL DEVICE OF ELECTRIC VEHICLE

Publication number: JP2002186120

Publication date: 2002-06-28

Inventor: SHIMIZU HIROSHI

Applicant: JAPAN SCIENCE &amp; TECH CORP

Classification:

- international: **B62D6/00; B60K6/20; B60K6/46; B60L3/00; B60L3/12; B60L15/20; B60T8/17; B60T8/172; B60W10/08; B60W20/00; B62D101/00; B62D103/00; B62D107/00; B62D113/00; B62D125/00; B62D137/00; B62D6/00; B60K6/00; B60L3/00; B60L3/12; B60L15/20; B60T8/17; B60W10/08; B60W20/00; (IPC1-7): B60L15/20; B60K6/02; B60L3/00; B60T8/00; B62D6/00; B62D101/00; B62D103/00; B62D107/00; B62D113/00; B62D125/00; B62D137/00**

- European:

Application number: JP20000384089 20001218

Priority number(s): JP20000384089 20001218

Also published as:

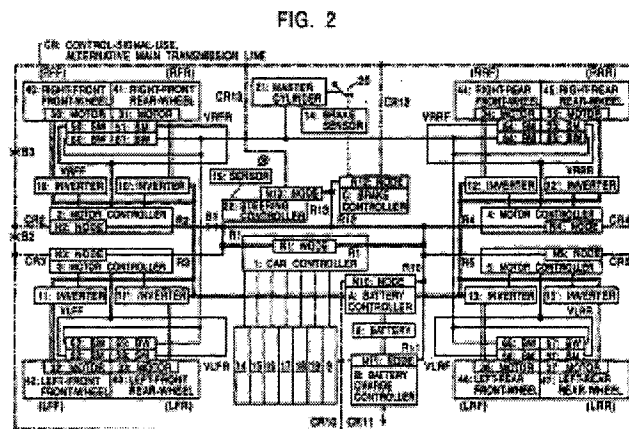
EP1344676 (A1)  
WO0249871 (A1)  
US7072751 (B2)  
US6909950 (B2)  
US2005206332 (A1)  
US2004027076 (A1)

[less <<](#)[View INPADOC patent family](#)[View list of citing documents](#)[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2002186120

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a control device for an electric vehicle which can transmit and receive control information, bypassing a faulty transmission line when nonconformities occur in some transmission line, by enabling signal transmission between each control device attached to each motor.

**SOLUTION:** An electronic control system for the electric vehicle is provided with a fail safe means for a signal transmission path, where a node that detects communication trouble sends a search message for searching a transmission path and a node capable of the formation of a transmission path sends back a response message thus forming a bypass circuit.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

Description of corresponding document: EP1344676

Translate this text

## Technical Field

[0001] The present invention relates to a control device of an electric car having fail-safe means in its electronic control system.

## Background Art

[0002] There is an urgent need to develop a totally electric car as one of decisive factors in preventing air pollution due to motorization. With the understanding that conservation of the natural environment is a big issue in the 21st century, the inventor of the present invention started the development in 1980s and is now yielding results.

[0003] As shown in Fig. 1, an electric car is driven by using only a driving force of an electric motor 101. When a secondary battery, an engine generator, or a fuel battery is used as a power source for the electric motor 101, the electric car is respectively referred to as an electric car A in the narrow sense, a series hybrid car B, or a fuel battery car C. The reference numerals 102, 103, 104, 201, 202, 301, and 302 respectively denote a wheel, a controller, a secondary battery, an engine, a generator, a hydrogen feeding source, and a fuel battery.

[0004] As mentioned above, since the electric car is driven by using only a driving force of a rotary electric motor, it is defined as a car which uses a secondary battery, a fuel battery, a generator using an internal-combustion engine, a solar battery, or the like, or a combination of at least two of them, as a power source for the electric motor. Although the electric car uses only a secondary battery in the following description, those skilled in the art will appreciate that the present invention is applicable to a car which uses a fuel battery, a generator using an internal-combustion engine, or a solar battery as a power source.

[0005] In order to improve the safety and the ease of use of a car in driving, an electronic system essential for the safety of the car has been increasingly equipped with redundant components such as sensors and computing elements.

[0006] In a disclosed example, position sensors of an operating member which can be operated by a driver, sensors for detecting the number of revolutions, or the like are redundantly provided. A signal from a measuring device having such a redundant structure is fed to two processors, each controlling a driving output of a car in accordance with substantially the same computer program as that of the other. Output signals from the two processors act on a common variable which affects an output of a driving unit.

[0007] However, if this type of system is made fully redundant, it becomes very complicated, resulting in an increased cost and an increased frequency of failures.

[0008] As is well known, a present car is equipped with a plurality of electronic control units, in particular, including a speed control unit and a steering control unit. Each of these control units acts on another variable of a driving unit of the car.

[0009] In the present car, these control units are mutually connected to each other by an electronic connecting system and mutually exchange data and information therethrough.

[0010] Although a speed control of the electric car is performed by feeding an electrical signal from an accelerator pedal to a control device for controlling an electric current to be applied to its electric motor, when a plurality of electric motors are used to drive the car and also when an acceleration, a deceleration, and a turning angle of the car are controlled, an additional central control device for controlling the overall car is required. In such control devices, the central control device and each of the control devices fixed to the

corresponding electric motors have been connected by a corresponding signal line so as to perform a control.

## Disclosure of Invention

[0011] However, in such a control method, when one of transmission lines malfunctions, it becomes impossible to control a corresponding electric motor.

[0012] In view of the above-mentioned circumstances, an object of the present invention is to provide a control device of an electric car in which any two of control devices fixed to the corresponding electric motors send signals to each other and send and receive control information by taking a bypass route when any one of transmission lines malfunctions.

[0013] In order to achieve the above object,

[1] the present invention provides a control device of an electric car including a plurality of driving wheels, each having a drive motor fixed thereto, which includes a plurality of speed control devices, each fixed to the corresponding drive motor for accelerating or decelerating the corresponding drive wheel in accordance with an external electrical signal, and which includes a main control device having functions of sending a control signal, to each of the speed control devices, for performing an acceleration or deceleration in accordance with a command from a driver or at least one of on-board sensors, and also receiving a control signal including information of an operating state of each of the drive motors and the speed control devices.

[2] In the control device of an electric car set forth in the above [1], a voltage of a battery, a current fed from the battery, and a battery temperature are included as sensor signals which are input into the main control device.

[3] In the control device of an electric car set forth in the above [1], a steering-angle of a steering wheel is included as a sensor signal which is input into the main control device.

[4] In the control device of an electric car set forth in the above [1], a signal indicating that a battery is being recharged from a battery charger is included as a sensor signal which is input into the main control device.

[5] In the control device of an electric car set forth in the above [1] signals representing a brake command value from a brake controller and a hydraulic pressure of a master cylinder are included as sensor signals which are input into the main control device.

[6] In the control device of an electric car set forth in the above [1], a steering-angle signal of a steering wheel is included as a control signal sent from the main control device.

[7] Also, the present invention provides a control device of an electric car, which includes fail safe means for signal transmission lines, wherein a bypass route is established such that a node detecting a communication failure in an electronic control system of the car sends a search message for searching a transmission route and another node which is able to establish the transmission route sends back a response message.

[8] In the control device of an electric car set forth in the above [7], each of the nodes includes self-node-ID storing means for storing its own node identifier, adjacent-node-ID storing means for storing identifiers of adjacent nodes connected to the transmission route, and processing means for processing route setting on the basis of a message sent to the node.

[9] In the control device of an electric car set forth in the above [8], the node is provided at each of a car controller and motor controllers, each provided at a pair of driving wheels.

[10] In the control device of an electric car set forth in the above [8], the node is provided at each of a battery controller, a steering controller, a brake controller, and a battery charging controller.

[11] In the control device of an electric car set forth in the above [9], the car controller and the motor controllers, each provided at a pair of driving wheels, control corresponding power converters in accordance with control signals received via the corresponding nodes.

[12] In the control device of an electric car set forth in the above [9] or [10], the bypass route is established by a control-signal-use, alternative main transmission line forming a closed loop and alternative transmission lines connecting the alternative main transmission line and the motor controllers.

[13] In the control device of an electric car set forth in the above [12], when a certain node detects that all

communication lines and bypass routes to the car controller malfunction, the node stops an operation of the corresponding motor controller, and the car controller detects that there is no response from the certain node and hence separates the motor controller of the certain node from its control objects.

## Brief Description of the Drawings

Fig. 1 illustrates the basic structure of an electrically powered car.

Fig. 2 illustrates a system configuration of an electric car according to an embodiment of the present invention.

Fig. 3 is a block diagram of an electronic control system of the electric car according to the embodiment of the present invention.

Fig. 4 is a flowchart illustrating the steps of detecting a vehicle speed according to the embodiment of the present invention.

Fig. 5 is a flowchart illustrating the steps of a target-yaw-rate (target-slip-angle) adaptive control according to the embodiment of the present invention.

Fig. 6 is a flowchart illustrating the steps of a TRC/ABS equivalent control according to the embodiment of the present invention.

Fig. 7 is a flowchart illustrating an operation sequence of a car controller according to the embodiment of the present invention.

## Best Mode for Carrying Out the Invention

[0015] A control device according to an embodiment of the present invention will be described with reference to the accompanying drawings. The control device controlling individual motors so as to improve the running stability of the vehicle under slipping is equipped with a fail safe mechanism and is mounted on an example electric car having a wheel configuration system in which each pair of two wheels are suspended by a tandem wheel suspension and having six or more drive wheels, each wheel formed so as to be equipped with an in-wheel drive system.

[0016] Since the present invention is characterized by fail safe means in a control system including an electronic control unit, other control systems and devices are applied if needed.

### (1) SYSTEM CONFIGURATION

[0017] Fig. 2 illustrates a system configuration of an electric car according to an embodiment of the present invention.

[0018] In the present invention, a wheel system in which all pairs of two front and rear wheels are suspended by a tandem wheel suspension is not always required, and another wheel system in which only two pairs of front or rear wheels are suspended by the corresponding tandem wheel suspension may be used.

[0019] The electric car according to this embodiment is of an in-wheel-motor, eight-wheel-drive type. That is, the electric car has a wheel system suspended by the tandem wheel suspension and has an in-wheel drive system in which all wheels have respective motors incorporated therein.

[0020] Since this configuration allows each wheel to bear a reduced load, a TRC or ABS control is performed so as to be commensurate with the reduction in load, whereby a risk of slipping or the like can be reduced and the running stability can be improved.

[0021] Each motor can be driven by one of a variety of power sources which feed, for example, an alternating current, a direct current, and a pulse current, by using corresponding power converters, that is, an inverter, a converter, and a chopper, respectively.

[0022] The system configuration in which an alternating-current power source and inverters serving as power converters are used will be now described.

[0023] A car controller 1 equipped with a micro-computer receives detection information from a variety of sensors; processes the information as needed and outputs a control command to each of motor controllers 2, 3, 4, and 5. The control command from the car controller 1 is output to each of the motor controllers 2, 3, 4, and 5, a battery controller A, a battery charging controller B, a brake controller C, and a steering controller 22 via transmission lines R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11, R12, and R13, alternative transmission lines CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, and CR13, and a control-signal-use, alternative main transmission line CR.

[0024] Also, the car controller 1 is equipped with an electronic control unit (ECU) for controlling an output torque, the number of revolutions, and a speed of each of motors 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, and 37; monitoring and controlling the status of each of on-board components; informing a driver of the status of the car; controlling the feeding of a battery, the charging of the battery, a brake, and a steering mechanism; and performing other functions, and has a processing micro-program for performing the foregoing functions. In addition, detected outputs of rotating position sensors (speed sensors) (SM) 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 and 57; a power sensor 9 for detecting a voltage and/or a current of the battery; a brake sensor 14 for detecting an operation of the brake; a steering-angle sensor 15 for detecting a steering angle of a steering wheel; a shift position (SP) switch 16 for detecting a shift position of a shift lever; an accelerator sensor 17 for detecting an opening of an accelerator; temperature sensors 18 for detecting temperatures of the battery, inverters, and the like; and malfunction-detecting sensors 19 for detecting the fact that a voltage and/or a current of each inverter become smaller than a threshold and the like are input into the car controller 1.

[0025] The speed sensors (for example, resolvers) 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 and 57 attached to the corresponding wheels generate signals (for example, pulse signals at every fine angular positional displacement) representing wheel speeds VRFF, VRFR, VLFF, VLFR, VRRF, VRRR, VLRF, and VLRR of the corresponding wheels and feed them to the car controller 1.

[0026] The accelerator sensor 17, the brake sensor 14, and the shift position switch 16 output signals respectively representing the depressed amount of an accelerator pedal (not shown), the depressed amount of a brake pedal 20, and a throwing range of the shift lever (not shown) (and a shift lever position in a range of engine-braking or the like), that is, a shift position. The steering-angle sensor 15 outputs a signal such as a steering angle  $\delta t$ , representing the detected result of a steering angle of the steering wheel. The power sensor 9 of the battery 6 measures and outputs a voltage and/or a current of the battery 6. Each temperature sensor 18 measures and outputs a temperature of equipment such as an inverter. Each malfunction-detecting sensor 19 outputs a malfunction signal when a voltage and/or a current of each converter become equal to or smaller than a threshold.

[0027] When being input into the car controller 1, each of outputs of these sensors is converted into data in a processable format by the car controller 1. Using the converted data, the car controller 1 decides command values of a torque, the number of revolutions, a vehicle speed, and so forth, changes over a control method, and performs others. A system configuration for performing a torque control will be now described by way of example.

[0028] The motor controllers 2, 3, 4, and 5 equipped with respective micro-computers receive control commands from the car controller 1 via the transmission lines, process the control commands as needed, and

output the processed control commands to corresponding pairs of inverters 10 and 10', 11 and 11', 12 and 12', and 13 and 13'. In accordance with torque command values TRF, TLF, TRR, and TLR, the motor controllers 2, 3, 4, and 5 control the corresponding pairs of inverters 10 and 10', 11 and 11', 12 and 12', and 13 and 13' so as to perform torque controls of corresponding pairs of motors 30 and 31, 32 and 33, 34 and 35, and 36 and 37. All the torque command values provided to the motor controllers 2, 3, 4, and 5 are output from the car controller 1. Each of the inverters 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, and 13', respectively, for the motors 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, and 37 is controlled on the basis of detected phase currents of the corresponding motor obtained from current sensors (not shown) or on the basis of estimated phase currents of the corresponding motor computed from an angular position of its rotor or the like.

[0029] The wheel system suspended by the tandem wheel suspension includes a right-front front-wheel RFF40, a right-front rear-wheel RFR41, a left-front front-wheel LFF42, a left-front rear-wheel LFR43, a right-rear front-wheel RRF44, a right-rear rear-wheel RRR45, a left-rear front-wheel LRF46, and a left-rear rear-wheel LRR47 having the motors 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, and 37 respectively incorporated thereinto.

[0030] The battery 6 serves as a driving power source to each motor, and its output is fed to the motors 30 and 31 via the inverters 10 and 10', the motors 32 and 33 via the inverters 11 and 11', the motors 34 and 35 via the inverters 12 and 12', the motors 36 and 37 via the inverters 13 and 13', respectively. Under the control of the motor controller 2 controlled by the car controller 1, the inverters 10 and 10' convert the output power of the battery 6 (in this figure, into a power of three-phase alternating current) and feed it to the corresponding motors 30 and 31 in order to control their torques, speeds, and so forth. The inverters 11, 11', 12, 12', 13, and 13' operate likewise.

[0031] A brake system for putting brake on each of front and rear, right and left tandem wheels with both hydraulic and a regenerating brakes is used in Fig. 2 under the design policy of maintaining the safety of the car.

[0032] More particularly, when the brake pedal 20 is depressed, a hydraulic pressure generated in a master cylinder 21 in accordance with the above depression acts on brake wheels BW60, BW61, BW62, BW63, BW64, BW65, BW66, and BW67 via respective wheel cylinders fixed to the corresponding wheels so as to provide brake torques to the wheels.

[0033] On the other hand, a detection signal in accordance with a brake force (a hydraulic pressure of the master cylinder 21) FB detected by the brake sensor 14 is input into the car controller 1 over the transmission line R12 via a node N12, and the car controller 1 generates the torque command values TRF, TLF, TRR, and TLR for performing the regenerating brake in accordance with the foregoing detection signal. A command value in accordance with the control command such as a torque command value or a speed command value serves as a regeneration command value.

[0034] Accordingly, a brake force distribution in the car shown in Fig. 2 increases in both the hydraulic brake and the regenerating brake as the brake force FB increases. As mentioned above, since a hydraulic system and a regeneration system are separated down from the brake sensor 14 and are also backed up by the transmission lines, even when any one of the hydraulic and regenerating brakes malfunctions, the other can save the car.

[0035] In addition, since a hydraulic pump used for a TRC/ABS control is not installed in the hydraulic system and only a proportioning valve for making the front and rear distribution of the hydraulic brake force proper is installed, the structure of a hydraulic brake system becomes simple. One of the reasons for eliminating the hydraulic pump and the hydraulic device for performing the TRC/ABS control from the hydraulic system is the configuration of this embodiment characterized in that the running stability of the vehicle is controlled by utilizing controls of output torques of motors.

[0036] The fail safe mechanism characterized by this invention includes the control-signal-use, alternative main transmission line CR forming a closed loop; the alternative transmission lines CR2, CR3, CR4, CR5,

CR10, CR11, CR12, and CR13 for connecting from the alternative main transmission line CR, respectively, to the motor controllers 2, 3, 4, and 5, the battery controller A, the battery charging controller B, the brake controller C, and the steering controller 22; the motor controllers 2, 3, 4, and 5; the battery controller A; the battery charging controller B; the brake controller C; the steering controller 22; the car controller 1 for performing an overall control; and the transmission lines for connecting each of the motor controllers, the battery controller A, the battery charging controller B, the brake controller C, and the steering controller 22 to the car controller 1.

## (2) BASIC CONTROL OF CAR

[0037] Fig. 7 is a flowchart of an operation sequence of the car controller according to the embodiment of the present invention.

[0038] First, the car controller 1 detects a vehicle speed VS (Step S1).

[0039] Although a variety of sequences for detecting the vehicle speed VS can be employed, an example sequence shown in Fig. 4 is preferably employed. In the following description, a sequence for detecting the vehicle speed VS is shown by a flowchart shown in Fig. 4. In this figure, the car controller 1 reads detected values V of the wheel speed sensors (SM) for a pair of two tandem-structured wheels (Step S30), and computes wheel angular-accelerations  $d\omega/dt$  (Step S31). The following expression can be used for computing a wheel angular-acceleration:

$$d\omega/dt < (1/R) \times dV/dt$$

where R is a radius of a wheel, and V and  $\omega$  is respectively a wheel speed and a wheel angular-velocity of the wheel whose angular acceleration is to be computed.

[0040] The car controller 1 compares the absolute values of the above-computed wheel angular-accelerations  $d\omega/dt$  of the foregoing one pair with a predetermined threshold. When the absolute values of the pair of two wheels (i.e., all two wheels) exceed the predetermined threshold, the car controller 1 determines that a slip (SL) occurs; when the absolute value of one of the pair of wheels exceeds the threshold and that of the other wheel does not exceed it, the car controller 1 determines that no slip (SX) occurs and also holds the wheel speed V of the other wheel as a wheel speed of the pair; and when the absolute values of the wheel angular-accelerations  $d\omega/dt$  of the pair of two wheels (i.e., all two wheels) do not exceed the predetermined threshold, the car controller 1 determines that no slip (SX) occurs and also holds the larger one of the wheel speeds as a wheel speed of the pair (Step S32).

[0041] When the car controller 1 determines that no slip (SX) occurs at the pair of wheels, the wheel speed V of the wheels is added to a variable VS (Step S33). Meanwhile, when the car controller 1 determines that a slip occurs at the pair of wheels, since it is considered that a slip occurs or is likely to occur because the absolute values of the angular accelerations  $d\omega/dt$  exceed the predetermined threshold, a variable NS for counting the number of pairs of wheels which are considered to slip or to be likely to slip (slipping wheels) is incremented by 1 (Step S34).

[0042] Upon carrying out Step S33 or S34, the car controller 1 stores the location and the wheel speed V of the pair of wheels in a memory or the like (Step S35). The car controller 1 applies the sequence from Step S31 to S35 to all drive wheels including all tandem-structured wheels (Step S36).

[0043] Upon determining whether each pair of all drive wheels are slipping wheels or non-slipping wheels, the car controller 1 determines whether the number NS of pairs of slipping wheels is equal to 4 or not, that is, whether all drive wheels slip or not (Step S37). Since all drive wheels do not usually slip or are likely to slip at the same time, the car controller 1 computes the vehicle speed VS by dividing the value VS accumulated in repeatedly carried out Step S33 by  $(4 - NS)$ , that is, the number of pairs of non-slipping wheels (Step S38).

[0044] Meanwhile, when the relationship  $NS = 4$  holds, the car controller 1 searches which drive wheel has started lastly to slip by using the information stored when Step S35 was carried out (Step S39).

[0045] The car controller 1 sets the wheel speed  $V$  maintained by the drive wheel just before starting to slip, which was found by the above search, that is, which has started lastly to slip, as the vehicle speed  $VS$  (Step S40).

[0046] As described above, in this embodiment, the vehicle speed  $VS$  can be relatively accurately decided by computing the vehicle speed  $VS$ , in principle, only from the wheel speeds of non-slipping wheels, whereby a torque command value tentatively decided in a sequence, which will be mentioned later, becomes proper. Also, with the tandem suspension structure, all the eight wheels rarely slip or are almost unlikely to slip. Even when the above-mentioned state happens, since the average wheel speed maintained by the wheel, which has started lastly to slip, over a predetermined time period just before starting to slip is set as the vehicle speed  $VS$ , relatively reliable information can be used for tentatively deciding the torque command value. Upon carrying out Step S38 or S40, the operation of the car controller 1 returns to Step S2 shown in Fig. 7.

[0047] In Fig. 7, upon detecting the vehicle speed  $VS$ , in order to assess the steering state, the car controller 1 first determines whether the absolute value of the steering angle  $\delta t$  is equal to or greater than a predetermined threshold or not (Step S2). When the steering angle exceeds the threshold and no slip occurs (Step S12), the car controller 1 performs a target-yaw-rate adaptive control or a target-slip-angle adaptive control (for example, a zero slip-angle control) (Step S3).

[0048] For example, when the absolute value of the steering angle  $\delta t$  detected by the steering-angle sensor 15 is equal to or greater than the predetermined threshold, that is, when it is determined that a driver is steering the car, the car controller 1 performs the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control in order to prevent or suppress the driving instability of the vehicle caused by the steering.

[0049] An example sequence of the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control is shown in Fig. 5.

[0050] In a flow shown in Fig. 5, in accordance with an ON- or OFF-state of the accelerator determined on the basis of an output of the accelerator sensor 17, a shift position obtained by the shift position switch 16, a steering angle  $\delta t$  provided by the steering-angle sensor 15,  $d\delta t/dt$  which can be computed on the basis of the steering angle  $\delta t$ , and so forth, the car controller 1 first selects a group of coupling coefficients (by using an experimental expression) (Step S50).

[0051] Furthermore, the car controller 1 computes a wheel acceleration  $dV/dt$  of each wheel forming the tandem suspension structure and then computes a coefficient of road friction  $\mu$  (by using another experimental expression) on the basis of the computed acceleration (Step S51). The car controller 1 decides a correction factor  $k$  of each wheel on the basis of the coefficient of road friction  $\mu$  and the steering angle  $\delta t$  and also by using the group of coupling coefficients selected in Step S50 (Step S52).

[0052] When the accelerator is in an ON-state (Step S53), the car controller 1 tentatively decides a torque command value of each wheel, from a powering torque map, on the basis of its wheel speed  $V$ , an accelerator opening  $VA$ , and the shift position (Step S54). Also, when the accelerator is in an OFF-state (Step S53), the car controller 1 tentatively decides a torque command value of each wheel, from a regenerating torque map, on the basis of its wheel speed  $V$ , the brake force  $FB$ , and the shift position (Step S55). The powering torque map shows a characteristic of the number of revolutions vs. torque where both the torque and the number of revolutions are positive, and the regenerating torque map shows a characteristic of the number of revolutions vs. torque where the number of revolutions is positive and the torque is negative. These torque maps are experimentally obtained in advance.

[0053] The car controller 1 decides a torque command value by multiplying the torque command value

tentatively decided in Step S54, or S55 by the correction factor decided in Step S52 (Step S56) and outputs the decided torque command value to the corresponding motor controller (Step S57).

[0054] Accordingly, depending on methods for setting the group of coupling coefficients which are selected in Step S50 and the correction factors in Step S52, a torque command value in a range possible for performing the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control can be in a regenerating region even when the accelerator is in an ON-state or can be in a powering region even when the accelerator is in an OFF-state. By performing the above-mentioned control, the running stability of the vehicle in steering is improved in this embodiment.

[0055] Refer the disclosure in Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 10-210604 with regard to the target-yaw-rate adaptive control and the target-slip-angle adaptive control. Meanwhile, a method for performing the running stability control by using a plurality of state variables which include a yaw rate acting on the vehicle and which demonstrate the moving state of the car instead of the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control may be employed.

[0056] Refer Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 10-271613 with regard to this method. Upon completing the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control, the operation of the car controller 1 returns to Fig. 7.

[0057] The operation of the car controller 1 returns to Step S1 so as to repeat itself. In Step S2 which is performed upon detecting the vehicle speed VS, when it is admitted that there is no need for performing the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control, that is, when the absolute value of the steering angle is less than the threshold, in principle, the car controller 1 performs the sequence in association with an 8-WD control (Step S6).

[0058] When starting this 8-WD control Step S6, the car controller 1 first performs a determining and classifying process about the number NS of pairs of slipping wheels, each pair corresponding to one pair of slipping wheels forming the tandem suspension structure, detected in the sequence for detecting the vehicle speed VS.

[0059] In other words, when the number NS of pairs of the detected slipping wheels is equal to 4, that is, all the drive wheels slip or are likely to slip (Step S7) or when the number NS of pairs of the slipping wheels is 3, that is, when only one pair of the driving wheels forming the tandem suspension structure do not slip or are unlikely to slip (Step S8), the operation of the car controller 1 advances to a TRC/ABS equivalent control (Step S9), as opposed to advancing to the 8-WD control (Step S6).

[0060] Also, even when the number NS of pairs of the slipping wheel is 2, in other words, even when two pairs of the drive wheels forming the tandem suspension structure do not slip or are unlikely to slip (Step 310), the above operation advances to the TRC/ABS equivalent control (Step S9) when both pairs of the detected slipping wheels lie together at the left or at the right of the car (Step S11).

[0061] In addition, even when it is determined in the foregoing Step S2 that performing the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control is likely necessary, the above operation advances also to the TRC/ABS equivalent control (Step S9) when the number NS of pairs of the slipping wheels is not zero, that is, when it is admitted that any one pair of the drive wheels forming the tandem suspension structure slip or are likely to slip (Step S12).

[0062] An example sequence of the TRC/ABS equivalent control is shown in Fig. 6.

[0063] In order to perform the TRC/ABS equivalent control, the car controller 1 first selects groups of coupling coefficients and control constants, and the like depending on whether the wheel speed V is high or low, whether the accelerator is in an ON-state or OFF-state, and so forth (Step S60).

[0064] The groups of coupling coefficients and control constants mentioned above are respectively a group of coefficients used for deciding a group of thresholds used for determining an angular acceleration, which will be mentioned later, and a group of constants used for deciding a feedback torque. The car controller 1 tentatively decide a torque command value from the powering torque map in accordance with the wheel speed  $V$ , the accelerator opening  $VA$  and the shift position when it is determined in Step S61 that the accelerator is in an ON-state (Step S62) and from the regenerating torque map in accordance with the wheel speed  $V$ , the brake force  $FB$  and the shift position when it is determined in Step S61 that the accelerator is in an OFF-state (Step S63).

[0065] Furthermore, when it is determined that the accelerator is in an ON-state or OFF-state in Step S61, the car controller 1 decides the group of thresholds, respectively, on the basis of the accelerator opening  $VA$  and the group of coupling coefficients selected in Step S60 (Step S64) or on the basis of the brake force  $FB$  and the group of coupling coefficients selected in Step S60 (Step S65).

[0066] The car controller 1 classifies an angular acceleration  $d\omega/dt$  of each wheel relative to the group of thresholds decided in Step S64 or S65 (Step S66). The car controller 1 decides feedback torques by using different computing expressions or the like on the basis of the classified results. For example, when the angular acceleration  $d\omega/dt$  lies in a first, second, third, ---, or  $n$ -th range, the car controller 1 decides the feedback torque of each wheel by performing a feedback torque process with a first computing expression (Step S67-1), with a second computing expression (Step S67-2), with a third computing expression (Step S67-3), ---, or with a  $n$ -th computing expression (Step S67- $n$ ), respectively.

[0067] Moreover, constants of the computing expressions used in Steps S67-1, S67-2, S67-3, ---, S67- $n$  are given by the group of control constants selected in Step S60. The car controller 1 decides torque command values by subtracting the corresponding feedback torques as decided above from the corresponding torque command values tentatively decided in Step S62 or S63 (Step S68) and outputs the decided torque command values to the corresponding motor controllers (Step S69).

[0068] Since a torque acting on each drive wheel can be varied if needed by using the above-mentioned sequence, a function equivalent to the TRC/ABS control in a conventional engine-powered car can be achieved. Refer to the disclosures in Japanese Unexamined Patent Application Publications Nos. 8-182119 and 10-210604 with regard to the TRC/ABS equivalent control. Upon completing the sequence shown in Fig. 6, the operation of the car controller 1 advances to Step S4 shown in Fig. 7.

[0069] When both the conditions for advancing to the target-yaw-rate adaptive control or the target-slip-angle adaptive control and to the TRC/ABS equivalent control are not satisfied, in other words, when the absolute value of the steering angle  $\delta$  is less than the corresponding threshold; when the number  $NS$  of pairs of slipping wheels forming the tandem suspension structure is 2 or less; and when neither both wheels at the left nor those at the right of the car are slipping wheels, the car controller 1 performs the sequence of the 8-WD control (Step S6).

[0070] In order to perform this sequence, the car controller 1 first determines whether the number  $NS$  of pairs of the foregoing slipping wheels is 1 or not (Step S13). Since the number  $NS$  is equal to zero when traveling on the normal road, the operation of the car controller 1 advances to Step S14 and S15. In Step S14, the car controller 1 decides all drive wheels forming the tandem suspension structure as distribution wheels. The distribution wheel mentioned here means a drive wheel to which a torque output is actually distributed. In step S15, the car controller 1 sets distribution ratios of a torque output to the corresponding distribution wheels at normal values. For example, a distribution ratio equal to 1 is set to all drive wheels. The foregoing distribution ratios may vary in accordance with a load of the car or may be set at predetermined ratios which are different between front and rear wheels in accordance with the structure of the vehicle.

[0071] Meanwhile, when it is determined that the number  $NS$  is equal to 1 in Step S13, or when it is determined that the conditions for advancing to the TRC/ABS equivalent control are not satisfied in Step 11, the car controller 1 decides wheels other than the pairs of slipping wheels as the distribution wheels (Step

S16).

[0072] Furthermore, in order to prevent a yaw moment about the center of gravity of the vehicle from acting on the vehicle when the torque is actually output, that is, in order to achieve a lateral balance of the vehicle, the car controller 1 adjusts a distribution ratio of each wheel (Step S17).

[0073] For example, the distribution ratio of a pair of the drive wheels which are not selected as distribution wheels in Step S16, that is, a pair of the slipping wheels, is adjusted to be zero so as to prevent the pair of wheels from being provided with torque command values, and the distribution ratio of the pair of non-slipping wheels lying at either one of the right and left sides where the pair of slipping wheels lie is added by the distribution ratio corresponding to the torque output which would otherwise be distributed to the pair of slipping wheels.

[0074] Upon performing Step S15 or S17, the car controller 1 tentatively decides a torque command value from the powering torque map in accordance with the vehicle speed VS, the accelerator opening VA, and the shift position when the accelerator is in an ON-state (Step S19) and from the regenerating torque map in accordance with the vehicle speed VS, the break force FB, and the shift position when the accelerator is in an OFF-state (Step S20).

[0075] Upon performing Step S19 or S20, the car controller 1 adjusts the torque command value of each pair of wheels tentatively decided in Step S19 or S20 in accordance with the corresponding distribution ratio previously set or adjusted in Step S15 or S17 (for example, multiplying the tentatively decided value by the distribution ratio) so as to decide a torque command value of the pair of wheels (Step S21).

[0076] The car controller 1 outputs the torque command values decided in Step S21 to the corresponding motor controllers (Step S22), and then the operation thereof advances to Step S4.

[0077] Accordingly, in this embodiment, the control state of the car is changed over in accordance with the slipping state of each wheel forming the tandem suspension structure. First, two wheels forming the tandem suspension structure are regarded as one unit. When only one unit of four units of wheels slips, that is, when the relationship  $NS = 1$  holds, the torque command value which would otherwise be output to these slipping wheels is output to the other drive wheels lying at the same side as the slipping wheels. Likewise, when the relationship  $NS = 2$  holds and also one unit of slipping wheels lies at each of the right and left sides, a torque command value is output to a unit of non-slipping wheels remaining at each of the right and left sides. In addition, when the relationship  $NS = 2$  holds and also both units of slipping wheels lie at the left (or right) side, the TRC/ABS equivalent control is performed. Furthermore, when the relationship  $NS = 3$  or  $NS = 4$  holds, the TRC/ABS equivalent control is also performed. As described above, according to this embodiment, since the car controller 1 changes over or varies a control mode of each motor output or a torque distribution ratio of each wheel in accordance with the occurrence condition of slipping or the slipping tendency of the wheel, in particular, with the number of units of slipping wheels and the locations thereof, the 8-WD control and the TRC/ABS equivalent control suitable for use in an 8 wheel-drive electric car of an in-wheel motor type are realized, and the running stability of the vehicle can be maintained and improved.

### (3) FAIL SAFE MECHANISM

[0078] Since the main electronic control unit is internally connected through the control-signal-use, alternative main transmission line CR as mentioned above, even when the transmission lines and the like malfunction, the electric control unit backs up the control system, thereby performing necessary controls as usual.

[0079] A signal transmission system is formed by nodes (communication devices) installed at the car controller 1, the motor controllers 2, 3, 4, and 5, the battery controller A, the battery charging controller B,

the brake controller C, and the steering controller 22, all forming the electronic control unit as shown in Fig. 3. The nodes (communication devices) are formed by a plurality of nodes N1, N2, N3, N4, N5, N10, N11, N12, and N13 respectively having self-node-ID storing means N1b, N2b, N3b, N4b, N5b, N10b, N11b, N12b, and N13b for storing corresponding self-node identifiers N1, N2, N3, N4, N5, N10, N11, N12, and N13; adjacent-node-ID storing means N1c, N2c, N3c, N4c, N5c, N10c, N11c, N12c, and N13c for storing identifiers of corresponding adjacent nodes connected to the corresponding transmission lines and alternative transmission lines; and processing means N1a, N2a, N3a, N4a, N5a, N10a, N11a, N12a, and N13a for processing corresponding route setting in accordance with messages sent to the corresponding nodes and are also formed by the transmission lines R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11, R12, and R13, the alternative transmission lines CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, and CR13, and the control-signal-use, alternative main transmission line CR for connecting the above nodes so as to establish a bypass-route setting method by which a communication route is set so as to bypass a failed location.

[0080] According to the foregoing bypass-route setting method, when there is no response to the polling between adjacent nodes through the transmission lines and the alternative transmission lines connected to the corresponding nodes, it is regarded that a communication failure is detected on the transmission lines or the alternative transmission lines between the two nodes; the node which detected the communication failure sends a search message s including its self-identifier and the identifier of the adjacent node connected to the transmission lines on which the communication failure was detected; the node which received the search message compares the identifier ID of the adjacent node in the search message with identifiers stored in its self-node ID storing means and its adjacent node ID storing means; and, when all the above comparisons do not result in a coincidence with each other, the node which received the search message relays the search message to other nodes, and when any one of the above comparisons results in a coincidence with each other, the node which received the search message sends back a response message r for setting a bypass-route to the node which detected the communication failure.

[0081] Data including a message type such as a search message or a response message, an identifier (ID) of a receiving communication device, an identifier (ID) of a sending communication device, an identifier (ID) of a malfunction-related communication device, and a remaining line capacity is written in a control section of a sending signal frame of the search message s or the response message r, respectively. The malfunction-related communication device means a malfunctioning communication device or an adjacent communication device connected to a malfunctioning transmission line.

[0082] When each node detects that a transmission line between the node N1 of the car controller 1 and the node Nn of the corresponding motor controller is established, the node sets its own motor controller and inverter in a standby mode. Upon receiving a control command via the transmission lines, the motor controller controls the corresponding inverter in accordance with the control command.

[CASE (a)]

[0083] An example case where a communication failure B1 occurs on the signal transmission line R2 between the car controller 1 and the motor controller 2 will be described with reference to Figs. 2 and 3.

[0084] In accordance with the polling between the node N2 and the adjacent node N1 via the transmission line and the alternative transmission line connected thereto, the node N2 detects that a communication failure occurs when no response comes from the opposing node. The processing means N2a of the node N2 sends data, which includes information that a message type is a search message s, an identifier of the sending communication device is N2, and an identifier of the malfunction-related communication device is N1 and which is written in a control section of the corresponding signal frame, to the node N13 or N3.

(a-1) The setting of a bypass route via the node N3 will be first described. Upon receiving the search message s, with the processing means N3a, the node N3 reads the identifier N1 of the malfunction-related node from

the search message and compares the identifier N1 with the data N3 stored in the self-node-ID storage N3b and the data N1, N2, and N10 stored in the adjacent-node-ID storage N3c. As a result of these comparisons, since the identifier N1 coincides with the data N1 stored in the adjacent-node-ID storage N3c, the node N3 sends a response message r to the node N2 so to establish an alternative transmission line between the nodes N2 and N1, that is, to connect the alternative transmission line CR2, the alternative main transmission line CR, the alternative transmission line CR3, the node N3, the transmission line R3, and the transmission line R1 in that order, and also sends a route setting signal to its own route change section, instructing for setting a bypass route to the node N2 via the node N3 in place of the communication route to the node N2 via the transmission line R2.

The response message r is a sending signal including information that a message type is a response message, an identifier of the receiving node is N2, and an identifier of the sending node is N3, the information being written in a control section of the corresponding signal frame.

Meanwhile, upon receiving the response message r, the node N2 reads information that the identifier of the sending communication device is N3; checks an opposing node to which a bypass route is to be set on the basis of this information; and sends a route setting signal to its own route changing section, instructing for setting a bypass route to the node N3 in a similar fashion to that in the above-mentioned embodiment. (a-2) The setting of a bypass route via the node N13 will be described.

In a similar sequence to that described in the above-mentioned (a-1), a bypass route connecting the alternative transmission line CR2, the alternative main transmission line CR, the alternative transmission line CR13, the node N13, the transmission line R13, and the transmission line R1 in that order is formed.

The bypass routes in accordance with the foregoing route setting signals are set.

#### [CASE (b)]

[0085] Another example case where the communication failure B1 occurs on the signal transmission line R2 between the car controller 1 and the motor controller 2 and another communication failure B2 occurs on the alternative main transmission line CR will be described with reference to Figs. 2 and 3.

[0086] In this case, only the bypass route described in the above-mentioned (a-2) can be set, while the bypass route described in the above-mentioned (a-1) cannot be set.

#### [CASE (c)]

[0087] Another example case where the communication failure B1 occurs on the signal transmission line R2 between the car controller 1 and the motor controller 2 and the communication failure B2 and another communication failure B3 occur on the alternative main transmission line CR will be described with reference to Figs. 2 and 3.

[0088] In this case, since there was no response to the polling in a predetermined time period, the node N2 detects the fact that the node N2 has lost all transmission lines to the car controller 1 due to the occurrences of the communication failures B1, B2, and B3, and hence changes the mode of the motor controller 2 from a standby mode to a stop mode so as to stop the inverters 10 and 10'.

[0089] The car controller 1 detects the fact that there is no response from the node N2 in a predetermined time period, disconnects the node N2 from the transmission lines, and then controls the remaining motor

controllers by backing up them via the remaining nodes.

[0090] A bypass route between the car controller 1 and each of the controllers 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, and 13 is set in a similar fashion to that in the above mentioned embodiment.

[0091] As described above in detail, the present invention offers the following advantages.

(1) In an electric car of a type in which each drive wheel is independently driven, employing an electronic control for improving its running stability, having a wheel system suspended by a tandem wheel suspension, and equipped with an in-wheel drive system in which electronically controlled motors are incorporated into all wheels, even when a certain electronic control system malfunctions the car can keep its control operation while maintaining its control functions by setting a bypass route.

(2) Since a fail safe mechanism is incorporated into an electronic control system, a stable car control can be performed. More particularly, in an electric car of a type in which each drive wheel is independently driven, having a wheel system suspended by a tandem wheel suspension and equipped with an in-wheel drive system in which electronically controlled motors are incorporated into all wheels, since a control for improving the running stability of the car is employed, a load on each wheel can be reduced and a TRC or ABS equivalent control commensurate with the reduction in load can be performed, thereby leading to a reduced risk of slipping and the like and improving the running stability. Also, since the electronic control system is constructed such that an output torque value is directed to each motor after the output torque values are adjusted so as to prevent a new yaw moment from acting on the vehicle when at least one pair of non-slipping wheels exist at each of the right and left of the vehicle, a 8-WD system is achieved while preventing a yaw moment from occurring and a reliable running-stability control under slipping is achieved.

(3) Since a fail safe mechanism is incorporated into an electronic control system, a stable car control can be performed. More particularly, in an electric car of a type in which each drive wheel is independently driven, having a wheel system suspended by a tandem wheel suspension and equipped with an in-wheel drive system in which electronically controlled motors are incorporated into all wheels, a control for improving the running stability of the car is employed, thereby leading to a reduced risk of slipping and the like and improving the running stability. Also, since the electronic control system is constructed such that an output torque value is directed to each motor after the output torque value is adjusted in accordance with the slipping state of the corresponding slipping wheel when no pair of non-slipping wheels exist at each of the right and left of the vehicle, a TRC/ABS equivalent control is achieved without a member for operating a pressure of a brake fluid, and also since the TRC/ABS equivalent control operates under appropriate circumstances, a reliable running-stability control under slipping is achieved.

## Industrial Applicability

[0092] Since a control device of an electric car according to the present invention performs an accurate control between controllers fixed to corresponding electric motors, it is especially suitable as a control device of that which does not emit an exhaust gas affecting on global warming.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

Claims of corresponding document: **EP1344676**

Translate this text

1. A control device of an electric car including a plurality of driving wheels, each having a drive motor fixed thereto, comprising:

a plurality of speed control devices, each fixed to the corresponding drive motor for accelerating or

decelerating the corresponding driving wheel in accordance with an external electrical signal; and a main control device having functions of sending a control signal, to each of the speed control devices, for performing an acceleration or deceleration in accordance with a command from a driver or at least one of on-board sensors, and also receiving a control signal including information of an operating state of each of the drive motors and the speed control devices.

2. The control device of an electric car according to Claim 1, wherein a voltage of a battery, a current fed from the battery, and a battery temperature are included as sensor signals which are input into the main control device.
3. The control device of an electric car according to Claim 1, wherein a steering-angle of a steering wheel is included as a sensor signal which is input into the main control device.
4. The control device of an electric car according to Claim 1, wherein a signal indicating that a battery is being recharged from a battery charger is included as a sensor signal which is input into the main control device.
5. The control device of an electric car according to Claim 1, wherein signals representing a brake command value from a brake controller and a hydraulic pressure of a master cylinder are included as sensor signals which are input into the main control device.
6. The control device of an electric car according to Claim 1, wherein a steering-angle signal of a steering wheel is included as a control signal sent from the main control device.
7. A control device of an electric car, comprising fail safe means for signal transmission lines, wherein a bypass route is established such that a node detecting a communication failure in an electronic control system of the car sends a search message for searching a transmission route and another node which is able to establish the transmission route sends back a response message.
8. The control device of an electric car according to Claim 7, wherein each of the nodes comprises self-node-ID storing means for storing its own node identifier, adjacent-node-ID storing means for storing identifiers of adjacent nodes connected to the transmission route, and processing means for processing route setting on the basis of a message sent to the node.
9. The control device of an electric car according to Claim 8, wherein the node is provided at each of a car controller and motor controllers, each provided at a pair of wheels.
10. The control device of an electric car according to Claim 8, wherein the node is provided at each of a battery controller, a steering controller, a brake controller, and a battery charging controller.
11. The control device of an electric car according to Claim 9, wherein the car controller and the motor controllers, each provided at a pair of wheels, control corresponding power converters in accordance with control signals received via the corresponding nodes.
12. The control device of an electric car according to Claim 9 or 10, wherein the bypass route is established by a control-signal-use, alternative main transmission line forming a closed loop and alternative transmission lines connecting the alternative main transmission line and the motor controllers.
13. The control device of an electric car according to Claim 12, wherein, when a certain node detects that all communication lines and bypass routes to the car controller malfunction, the node stops an operation of the corresponding motor controller, and the car controller detects that there is no response from the certain node and separates the motor controller of the certain node from its control objects.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本國特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-186120  
(P2002-186120A)

(43)公開日 平成14年6月28日(2002.6.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース*(参考)
B 6 0 L 15/20		B 6 0 L 15/20	J 3 D 0 3 2
B 6 0 K 6/02	Z H V	3/00	H 3 D 0 4 6
B 6 0 L 3/00		B 6 0 T 8/00	E 5 H 1 1 6
B 6 0 T 8/00		B 6 2 D 6/00	Z Y W
B 6 2 D 6/00	Z Y W	10I: 00	

審査請求 有 請求項の数13 O L (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-384089(P2000-384089)

(22) 出願日 平成12年12月18日 (2000. 12. 18)

(71)出題人 396020800

科學技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 發明者 清水 浩

神奈川県鎌倉市津西 2-9-4

(74) 代理人 100089635

弁理士 清水 守

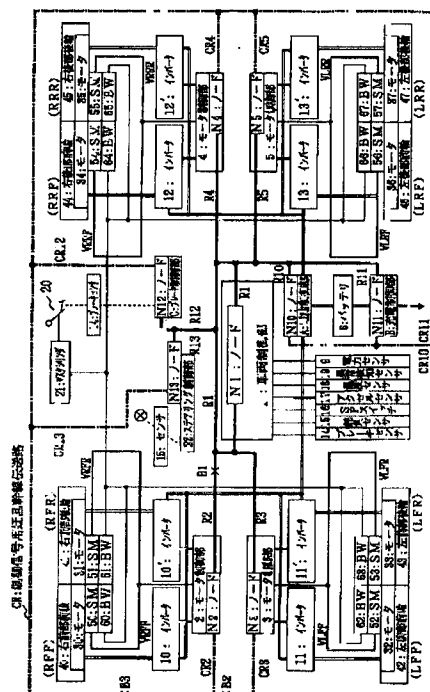
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 電気自動車の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 それぞれの電動機に取り付けられた制御装置の間でも信号伝送を可能とし、いずれかの伝送線に不都合が生じたときに迂回して制御情報を送受信できる電気自動車の制御装置を提供する。

【解決手段】 電気自動車の電子制御系における、通信障害を検出したノードが電送経路を探索する探索メッセージを送信し、伝送路を形成可能なノードが応答メッセージを返送して迂回路を形成する信号伝送路のフェールセーフ手段を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一台の車に複数の駆動輪があり、該駆動輪のそれぞれに1個ずつの駆動用モーターが取り付けられている電気自動車において、

前記駆動用モーターのそれぞれに外部からの電気信号によって加速と減速を行わせるための速度制御装置が取り付けられているとともに、該速度制御装置のそれぞれに運転者あるいは車載のセンサーからの指令に基づき、加速減速のための制御信号を送り、かつ、前記駆動用モーターおよび前記速度制御装置の動作状況を制御用信号として受け取る機能を有する主制御装置を具備することを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項2】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、電池の電圧、該電池から供給される電流、電池温度のそれぞれが含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項3】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、ステアリングの切れ角が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項4】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、充電装置から充電中であることを示すセンサー信号が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項5】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、ブレーキ制御部からのブレーキ指令値およびマスターシリンダーの油圧を示すセンサーが含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項6】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置から送られる制御信号として、ステアリングの角度信号が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項7】 請求項1記載の電気自動車用制御装置において、GPSセンサーと地図情報から自車の位置を正確に割り出し、かつ障害物センサーによって前記自車の周囲の障害物を自動的に割り出し、及び／又は、車々間通信によって前記自車と他の車の位置関係を把握し、これらの情報をもとに加減速およびステアリングの操作を自動的に行うための制御信号を作り出す制御部が含まれていることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項8】 車両の電子制御系における通信障害を検出したノードが伝送経路を探索する探索メッセージを送信し、伝送路を形成可能なノードが応答メッセージを返送して迂回路を形成する信号伝送路のフェールセーフ手段を備えたことを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項9】 請求項8記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、自ノードの識別子を記憶する自ノードID記憶手段と、前記伝送路に接続されている隣

接ノードの識別子を記憶する隣接ノードID記憶手段と、前記ノードに送られてくるメッセージに基づき経路設定の処理を行う処理手段とから構成されることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項10】 請求項9記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部に設けられていることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項11】 請求項9記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは電池制御部、ステアリング制御部、ブレーキ制御部、充電制御部に設けられていることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項12】 請求項10記載の電気自動車の制御装置において、前記車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部は、それぞれに設けたノードを介して入力した制御信号により変換器を制御することを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項13】 請求項10又は11記載の電気自動車の制御装置において、前記迂回路を、閉ループを構成する制御信号用迂回幹線伝送路と、該迂回幹線伝送路と前記各モータ制御部との間の迂回伝送路とから構成したことを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項14】 請求項13記載の電気自動車の制御装置において、特定のノードは、前記車両制御部との間の伝送路及び迂回伝送路の全てに障害が発生したことを検出したとき、前記モータ制御部の動作を停止し、前記車両制御部は、前記特定ノードからの応答がないことを検出し、前記特定ノードのモータ制御部を制御部対象から切り離すことを特徴とする電気自動車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両の電子制御系にフェールセーフ手段を備えた電気自動車の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】モータリゼーションによる空気汚染を防止する一つの決め手として完全電気自動車の開発が急務となってきた。自然環境の保全は21世紀の大きな目標であることを認識して、本出願の発明者は1980年時代からその研究に着手し、その成果をあげつつある。

【0003】図7に示すように、電気自動車とは、電動機101の駆動力のみを用いて走行が可能な車であり、その電動機101に供給する電力源として、二次電池（バッテリー）を用いるものを狭義の電気自動車A、エンジン発電機を用いるものをシリーズハイブリッド車B、燃料電池を用いるものを燃料電池車Cと呼ぶことにする。102は車輪、103はコントローラ、104は二次電池、201はエンジン、202は発電機、301は水素供給源、302は燃料電池である。

【0004】このように、電気自動車とは、回転式電気電動機の駆動力のみを用いて走行が可能な車であり、その電気電動機に供給する電力源として、二次電池、燃料電池、内燃機関を用いた発電機、太陽電池等およびこれらを組み合わせたものを使用した車と定義する。ただし、以下の説明では、二次電池のみを用いた電気自動車を念頭におくが、燃料電池、内燃機関発電機、太陽電池を電力源とする車も当然に含まれる。

【0005】車両の運転の安全性および使いやすさを向上させるために、車両の安全上問題となる電子システムは、次第に冗長な構成要素、例えばセンサ、計算機要素が搭載されるようになってきている。

【0006】例えば、運転者によって操作可能な操作部材の位置センサ、あるいは回転数センサなどが冗長に設けられている例が紹介されている。この冗長に構成された測定装置の信号は、それぞれほぼ同一のコンピュータプログラムに基づいて車両の駆動出力の制御を行う2つのプロセッサに供給される。その際、両プロセッサの出力信号は車両の駆動ユニットの出力に影響を与える同一の可変量に作用する。

【0007】しかし、この種のシステムを完全に冗長にすると著しく複雑になり、それによってコストが増大し、故障の頻度も増大してしまう。

【0008】現在の車両には知られているように複数の電子制御ユニットが搭載されている。特に速度制御ユニット、操舵制御ユニット等が挙げられる。これらの制御ユニットはそれぞれ車両の駆動ユニットの他の可変量に作用する。

【0009】現在の車両においては、これらの制御ユニットは電子接続システムによって互いに接続され、かつそれを介して互いにデータおよび情報を交換する。

【0010】特に、電気自動車の速度制御は電動機に流す電流を制御する制御装置にアクセルペダルからの電気的信号を流す方法が最も簡便である。また、複数の電動機が駆動に使われる場合であって、かつ、車の加速、減速、旋回角を制御する場合には、車全体を制御する中央制御装置をもう1台必要とする。これまで、このような制御装置では、中央制御装置と各電動機に取り付けられている制御装置との間が、それぞれ信号線で結ばれ制御が行われていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような制御の方法では、それぞれの通信線に不都合が生じた場合、個々の電動機を制御することが不可能となる。

【0012】本発明は、上記状況に鑑みて、それぞれの電動機に取り付けられた制御装置の間でも信号伝送を可能とし、いずれかの伝送線に不都合が生じたときに迂回して制御情報を送受信できる電気自動車の制御装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本願発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕一台の車に複数の駆動輪があり、該駆動輪のそれぞれに1個ずつの駆動用モーターが取り付けられている電気自動車において、前記駆動用モーターのそれぞれに外部からの電気信号によって加速と減速を行わせるための速度制御装置が取り付けられているとともに、該速度制御装置のそれぞれに運転者あるいは車載のセンサからの指令に基づき、加減速のための制御信号を送り、かつ、前記駆動用モーターおよび前記速度制御装置の動作状況を制御用信号として受け取る機能を有する主制御装置を具備することを特徴とする。

【0014】〔2〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサ信号として、電池の電圧、該電池から供給される電流、電池温度のそれぞれが含まれることを特徴とする。

【0015】〔3〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサ信号として、ステアリングの切れ角が含まれることを特徴とする。

【0016】〔4〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサ信号として、充電装置から充電中であることを示すセンサ信号が含まれることを特徴とする。

【0017】〔5〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサ信号として、ブレーキ制御部からのブレーキ指令値およびマスターシリンダーの油圧を示すセンサが含まれることを特徴とする。

【0018】〔6〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置から送られる制御信号として、ステアリングの角度信号が含まれることを特徴とする。

【0019】〔7〕上記〔1〕記載の電気自動車用制御装置において、GPSセンサーと地図情報から自車の位置を正確に割り出し、かつ障害物センサーによって前記自車の周囲の障害物を自動的に割り出し、及び／又は、車々間通信によって前記自車と他の車の位置関係を把握し、これらの情報をもとに加減速およびステアリングの操作を自動的に行うための制御信号を作り出す制御部が含まれていることを特徴とする。

【0020】〔8〕車両の電子制御系における通信障害を検出したノードが伝送経路を探索する探索メッセージを送信し、伝送路を形成可能なノードが応答メッセージを返送して迂回路を形成する信号伝送路のフェールセーフ手段を備えたことを特徴とする。

【0021】〔9〕上記〔8〕記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、自ノードの識別子を記憶する自ノードID記憶手段と、前記伝送路に接続されている隣接ノードの識別子を記憶する隣接ノードID記憶

手段と、前記ノードに送られてくるメッセージに基づき経路設定の処理を行う処理手段とから構成されることを特徴とする。

【0022】〔10〕上記〔9〕記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部に設けられていることを特徴とする。

【0023】〔11〕上記〔9〕記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは電池制御部、ステアリング制御部、ブレーキ制御部、充電制御部に設けられていることを特徴とする。

【0024】〔12〕上記〔10〕記載の電気自動車の制御装置において、前記車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部は、それぞれに設けたノードを介して入力した制御信号により変換器を制御することを特徴とする。

【0025】〔13〕上記〔10〕又は〔11〕記載の電気自動車の制御装置において、前記迂回路を、閉ループを構成する制御信号用迂回幹線伝送路と、該迂回幹線伝送路と前記各モータ制御部との間の迂回伝送路とから構成したことを特徴とする。

【0026】〔14〕上記〔13〕記載の電気自動車の制御装置において、特定のノードは、前記車両制御部との間の伝送路及び迂回伝送路の全てに障害が発生したことを検出したとき、前記モータ制御部の動作を停止し、前記車両制御部は、前記特定ノードからの応答がないことを検出し、前記特定ノードのモータ制御部を制御部対象から切り離すことを特徴とする。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら、代表例となる、各2輪がタンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、6輪以上の駆動輪を有し、各駆動輪をインホイール式ドライブとした電気自動車に搭載され、スリップ時における走行安定性を向上させるように各モータ制御する制御装置に、フェールセーフ機構を適用する本発明の実施態様について説明する。

【0028】本発明の特徴は電子制御ユニットを備える制御系におけるフェールセーフ手段にあり、その余の制御系および装置は適宜適用可能となる。

(1) システム構成

図1は本発明の実施例を示す電気自動車のシステム構成図である。

【0029】本発明においては、前後両車輪がタンデムホイール式サスペンションで支持された車輪系である必要はなく、前または後の車輪系のみがタンデムホイール式サスペンションで支持された車輪系であってもよい。

【0030】この実施態様における電気自動車は、インホイールモータ型の8輪駆動電気自動車である。すなわち、タンデムホイール式サスペンションで支持される車

輪系を有し、車輪全輪にモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車である。

【0031】このように構成することにより、各車輪毎の支持荷重を少なくでき、それに見合うTRC（登録商標）又はABS制御を行い、スリップ等を少なくし、走行安定性を向上させることができる。

【0032】各モータは、交流、直流、パルス等の各種の電源により駆動可能であり、その電源の種類により対応する変換器、例えば電源が交流のとき変換器がインバータであり、直流のときコンバータであり、パルスのときチョッパなどである。

【0033】以下、電源が交流で変換器がインバータの場合の実施態様について説明する。

【0034】車両制御部1は、マイクロコンピュータを備え、各種センサからの検出情報を入力して必要な処理を行って各モータ制御部へ制御指令を出力する。車両制御部1からの前記制御指令は伝送路R1、R2、R3、R4、R5、R10、R11、R12、R13、迂回伝送路CR2、CR3、CR4、CR5、CR10、CR11、CR12、CR13および制御信号用迂回幹線伝送路CRを介して各モータ制御部2、3、4および5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22へ出力される。

【0035】また、車両制御部1は、各モータ30、31、32、33、34、35、36、37の出力トルクの制御、回転数制御、速度制御、車載各コンポーネントの状態監視・制御、車両乗員への車両状態の報知、バッテリーの給電制御、バッテリーの充電制御、ブレーキ制御、ステアリング制御、その他の機能を担う電子制御ユニット（ECU）よりなり、前記機能を行うための処理用マイクロプログラムを有する。さらに、車両制御部1には、回転位置センサ50、51、52、53、54、55、56および57、バッテリーの電圧値・電流値検出のための電力センサ9、ブレーキの操作を検出するブレーキセンサ14、ハンドルの操舵角を検出する舵角センサ15、シフトレバーのシフトポジションを検出するシフトポジションスイッチ16、アクセルの開度を検出するアクセルセンサ17、バッテリー温度・変換器温度等を検出する温度センサ18、変換器の電圧値・電流値が閾値より低下したこと等を検出する異常検知センサ19の検出出力が入力される。

【0036】各車輪毎に設けられている回転位置センサ（例えばレゾルバ）50、51、52、53、54、55、56および57は、それぞれの車輪の車輪速VRFF、VRFR、VLFF、VLFR、VRRF、VRRR、VLRFFおよびVLRFRを示す信号（例えば微小角度位置変位毎のパルス信号）を生成し、車両制御部1に供給する。

【0037】アクセルセンサ17は、アクセルペダル

(図示せず)の踏み込み量を示す信号を、ブレーキセンサ14は、ブレーキペダル20の踏み込み量を示す信号を、シフトポジションスイッチ16は、シフトレバー(図示せず)の投入レンジ(及びエンジンブレーキレンジ等では当該レンジ内でのシフトレバー位置)すなわちシフトポジションを示す信号を、それぞれ出力させる。舵角センサ15は、ハンドルの舵角検出の結果を示す信号例えば舵角 $\delta$ を示す信号を出力させる。バッテリーの電力センサ9は、バッテリーの電圧値・電流値を測定して出力する。温度センサ18は、インバータ等の機器の温度を測定して出力する。異常検知センサ19は、インバータの電圧値・電流値が閾値以下になったときに異常と出力する。

【0038】これらのセンサの出力は、いずれも、車体制御部1に入力されるにあたって、車両制御部1にて処理可能な形式のデータに変換される。車両制御部1は、変換後のデータを用いて、トルク指令、回転数指令および速度指令等の決定、制御方法の切り換え等を実行する。以下、例示としてトルク制御の実施態様について説明する。

【0039】各モータ制御部2, 3, 4, 5は、マイクロコンピュータを備え、車両制御部1からの制御指令を伝送路を介して入力して必要な処理をし、インバータ10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13'に制御指令を出力するように構成されている。モータ制御部2は、トルク指令TRFに応じて、モータ制御部3はトルク指令TLFに応じて、モータ制御部4はトルク指令TRRに応じて、モータ制御部5はトルク指令TLRに応じて、それぞれ対応するインバータ10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13'を制御して、モータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37をトルク制御する。モータ制御部2, 3, 4および5に与えられるトルク指令は、全て車両制御部1から出力される。各モータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37に対するインバータ10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13'の制御は、図示しない電流センサから得たモータの各相電流検出値に基づき、あるいはロータ角度位置等から求めたモータの各相電流推定値に基づき行う。

【0040】タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系は、右前部前輪RFF40、右前部後輪FR41、左前部前輪LFF42、左前部後輪LFR43、右後部前輪RRF44、右後部後輪RRR45、左後部全輪LRF46および左後部後輪LRR47に、それぞれモータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36および37が組み込まれている。

【0041】バッテリー6は各モータへの駆動電力供給源であり、その出力はインバータ10, 10'を介しモータ30, 31に、インバータ11, 11'を介しモータ32, 33に、インバータ12, 12'を介しモータ3

4, 35に、そしてインバータ13, 13'を介しモータ36, 37に、それぞれ給電されている。インバータ10, 10'は、車両制御部1に制御されるモータ制御部2の制御のもとに、バッテリー6の出力をモータ30, 31にトルク制御、速度制御等を行うために電力変換(この図では三相交流に変換)して給電する。インバータ11, 11', 12, 12', 13, 13'も同様に動作する。

【0042】図1では、安全性を確保する設計方針により、タンデム式前後左右各論を油圧及び回生双方にて制動する制動システムが用いられている。

【0043】すなわち、ブレーキペダル20が踏まれると、これに応じてマスタシリンダ21にて発生した油圧が、それぞれの車輪に設けられているホイールシリンダを介してブレーキホイールBW60、BW61、BW62、BW63、BW64、BW65、BW66およびBW67に作用し、車輪に制動トルクが付与される。

【0044】他方で、ブレーキセンサ14を用いて検出されたブレーキ力(マスタシリンダ21の油圧)FBに応じた検出信号がノードN12を介した伝送路により車両制御部1に入力され、車両制御部1は前記検出信号に基づいて回生にかかるトルク指令TRF、TLF、TRRおよびTLRを発生させる。回生指令は制御指令に応じた指令、例えばトルク指令、速度指令などになる。

【0045】従って、図1の車両における制動力配分は、ブレーキ力FBの増大に伴い油圧回生双方が増大する配分となる。このように油圧系統と回生系統がブレーキセンサ14以降は分離しさらに伝送路によりバックアップされているため、油圧及び回生のいずれか一方が誤動作したとしても他方にて車両を退避させることができる。

【0046】更に、油圧系統にはポンプが設けられておらず、またバルブとしては油圧制動力を前後に配分するためのプロポーショニングバルブが設けられているのみであるのでシステム構成が簡素になる。なお、油圧系統にポンプを設ける必要がなくまた油圧系統上のバルブの個数を最低限に抑えることができる理由の一つは、後述のように、モータ12FR、12FL、12RR及び12RLの出力トルクの制御を利用して走行安定性制御を行うという本実施形態の特徴的構成にある。

【0047】本発明の特徴となるフェイルセーフ機構は、閉ループを構成する制御信号用迂回幹線伝送路CRと、この迂回幹線伝送路CRから各モータ制御部2, 3, 4, 5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22へ接続される迂回伝送路CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, CR13と、各モータ制御部2, 3, 4, 5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22と、全体の制御を行う車両制御部1と、この各モータ制御部、電池制御部A、充電

制御部B、ブレーキ制御部C2、ステアリング制御部22と車両制御部1とを接続する伝送路とから構成される。

## (2) 車両の基本的制御

図6は本発明の実施例を示す車輛制御部の動作手順を示すフローチャートである。

【0048】車両制御部1は、まず車体速VSの検出を実行する(ステップS1)。

【0049】車体速VSの検出手順としては様々な手順を採用することができるが、例えば、図3に示すような手順を採用するのが好ましい。以下、車体速VSを検出する手順を図3のフローチャートで示す。この図においては、車両制御部1は、まずタンデム構造になっている2輪毎に1セットとして車輪速センサSMの検出値Vを読み込み(ステップS30)、その車輪角加速度 $d\omega/dt$ を演算する(ステップS31)。車輪角加速度の演算式としては、次の式

$$d\omega/dt \leftarrow (1/R) \cdot dV/dt$$

を用いることができる。上式中、Rは車輪半径であり、V及び $\omega$ は、現在車輪角加速度を求めようとしている車輪にかかる車輪速及び車輪角速度である。

【0050】車両制御部1は、このようにして求めた車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が所定の閾値を上回っているか、上記1セットについて比較する。1セットの内2輪とも(全輪とも)車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が閾値を上回っているときはスリップ(SL)と判定し、1セットの内1輪が閾値を上回っているがもう1輪が閾値を上回らない場合は、非スリップ(SX)と判断すると共に閾値を上回らない方の車輪速Vをそのセットの車輪速として保持し、1セットの内2輪とも(全輪とも)車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が閾値を上回らないときは非スリップ(SX)と判定すると共に大きい値の車輪速をそのセットの車輪速として保持する(ステップS32)。

【0051】その1セットの車輪について非スリップ(SX)と判定したときは、変数VSにその車輪の車輪速Vを積算する(ステップS33)。逆に、その1セットの車輪についてスリップと判定したときは、角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が所定の閾値を上回っているのであれば、その車輪についてはスリップ又はその傾向が発生しているとみなすことができるため、スリップ又はその傾向が生じているとみなせる車輪(スリップ輪)の個数をカウントするための変数であるNSを1インクリメントさせる(ステップS34)。

【0052】車両制御部1は、ステップS33又はS34を実行した後、その1セットの車輪の位置及び車輪速Vを内蔵するメモリ等に記憶する(ステップS35)。車両制御部1は、ステップS31～S35にかかる手順を、全てのタンデム構造の車輪を含むすべての駆動輪について実行する(ステップS36)。

【0053】車両制御部1は、このようにして全ての駆動輪についてスリップ輪かそれとも非スリップ輪かの判定を行った後に、スリップ輪の個数NSが4に等しいか否かすなわち全ての駆動輪がスリップしているのかそうでないかを判定する(ステップS37)。通常は、全ての駆動輪が同時にスリップ又はその傾向を示しはしないため、車両制御部1は、ステップS33の繰り返し実行によりVSに積算された値を $4-NS$ すなわち非スリップ輪の個数にて除することにより、車体速VSを算出する(ステップS38)。

【0054】逆に、 $NS=4$ が成立しているときには、過去においてステップS35を実行した際に記憶した情報を利用して、最後にスリップし始めた駆動輪がどの車輪であるのかをサーチする(ステップS39)。

【0055】車両制御部1は、このサーチの結果発見された駆動輪すなわち最後にスリップし始めた車輪が、スリップし始める直前に有していた車輪速Vの値を、車体速VSとして用いることとする(ステップS40)。

【0056】このように、本実施形態においては、原則として非スリップ輪の車輪速のみから車体速VSを求めることにより、車体速VSを比較的正確に決定することを可能にしており、ひいては後述する手順にて仮確定されるトルク指令値を適切なものとしている。また、タンデムサスペンション構造であることから、8個の車輪全てがスリップ又はその傾向を示すことは極めてまれな状態ということになるが、そのときにも、最後にスリップし始めた車輪がスリップし始める直前から所定時間内に有していた車輪速の平均をもって車体速VSとしているため、比較的信頼性のおける車体速情報をトルク指令値の仮確定に利用することができる。ステップS38又はS40実行後は、車両制御部1の動作は、図6のステップS2に戻る。

【0057】図6においては、車体速VSを検出した後、まず操舵の状態を判断するために、舵角 $\delta$ の絶対値が所定の閾値と同じかまたはそれ以上かの判定が実行される(ステップS2)。舵角が閾値より大きい場合で、スリップがないとき(ステップS12)、車両制御部1は目標ヨーレート適合制御や目標すべり角度適合制御(例えばすべり角度0制御)を実行する(ステップS3)。

【0058】例えば、舵角センサ15で検出される舵角 $\delta$ の絶対値が所定の閾値以上であるとき、すなわち車両操縦者が操舵を行っている判断されるときに、操舵に伴う車体の走行不安定性の発生を防止乃至抑制すべく、目標ヨーレート適合制御乃至目標すべり角度適合制御を実行する。

【0059】目標ヨーレート適合制御乃至目標すべり角度適合制御の手順の一例を、図4に示す。

【0060】図4に示すフローにおいては、車両制御部1は、まずアクセルセンサ17の出力に基づき判定で

るアクセルオン／オフ状態、シフトポジションスイッチ16にて与えられるシフトポジション、舵角センサ15から与えられる舵角 $\delta t$ 及びこれに基づき算出できる $d\delta t/dt$ 等に基づき、結合係数群（経験に基づく式）を選択している（ステップS50）。

【0061】車両制御部1は、更に、タンデムサスペンション構造の各車輪毎に、車輪加速度 $dv/dt$ を求めこれに基づき路面摩擦係数 $\mu$ （経験に基づく式）を演算する（ステップS51）。車両制御部1は、路面摩擦係数 $\mu$ 及び舵角 $\delta t$ に基づき、かつステップS50にて選択した結合係数群を用いて補正係数 $k$ を車輪毎に決定する（ステップS52）。

【0062】車両制御部1は、アクセルがオンしているときには（ステップS53）、車輪速 $V$ 、アクセル開度 $VA$ 及びシフトポジションに基づき力行トルクマップから各車輪毎にトルク指令を仮確定する（ステップS54）。またアクセルがオフしているときには（ステップS53）、車輪速 $V$ 、ブレーキ力 $FB$ 及びシフトポジションに基づき回生トルクマップから、各車輪毎にトルク指令を仮確定する（ステップS55）。力行トルクマップは回転数及びトルクが共に正の領域におけるモータの回転数トルク特性をあらわすマップであり、回生トルクマップは回転数が正、トルクが負の領域におけるモータの回転数トルク特性を示すマップであり、経験で求めておく。

【0063】車両制御部1は、ステップS54又はS55にて仮確定したトルク指令にステップS52にて決定した補正係数を乗ずることによりトルク指令を決定し（ステップS56）、決定したトルク指令に対応するモータ制御部に出力する（ステップS57）。

【0064】従って、ステップS50にて選択対象となる結合係数群の値や、ステップS52における補正係数 $k$ の設定手法次第では、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御を実行しているときのトルク指令が採りうる範囲は、アクセルオン時でも回生領域に属する値となることがあり、またアクセルオフ時でも力行領域に属する値となることがある。このような制御を行うことで、本実施形態では、操舵時における車体の走行安定性を向上させている。

【0065】なお、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御に関しては、特開平10-210604号公報の開示を参照されたい。また、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御に代えて、車体に作用するヨーレイトを含め車両の運動状態を示す複数の状態量を用いて走行安定性制御を実行する手法を採用してもよい。

【0066】この手法に関しては、特開平10-271613号公報を参照されたい。目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御を終了した後は、車両制御部1の動作は、図6に戻る。

【0067】車両制御部1は、ステップS1に戻り動作を繰り返す。また、車体速 $VS$ を検出した後実行されるステップS2において、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御を実行する必要がないと認められる場合、即ち舵角の絶対値が閾値より小さいとき、車両制御部1は、原則として8WD制御にかかる手順を実行する（ステップS6）。

【0068】車両制御部1は、この8WD制御ステップS6を開始するに際して、まず、車体速 $VS$ を検出する手順にて検出したタンデムサスペンション構造での車輪1セットに対応するスリップ輪の個数 $NS$ に関する判定・分類処理を実行する。

【0069】すなわち、検出されたスリップ輪の個数 $NS$ が4に等しいときすなわち全ての駆動輪がスリップまたはその傾向を示しているとき（ステップS7）や、スリップ輪の個数 $NS$ が3に等しいときすなわちスリップ又はその傾向を示していないタンデムサスペンション構造の駆動輪が1個（1セット）しかないとき（ステップS8）には、車両制御部1の動作は8WD制御（ステップS6）ではなくTRC／ABS相当制御に移行する（ステップS9）。

【0070】また、スリップ輪の個数 $NS$ が2に等しいときすなわちスリップ又はその傾向を示していないタンデムサスペンション構造の駆動輪が2個存在しているとき（ステップS10）であっても、検出されたスリップ輪が共に左側の車輪である場合や共に右側の車輪である場合（ステップS11）には、TRC／ABS相当制御へと移行する（ステップS9）。

【0071】更に、前述のステップS2において目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御が必要とみられる状態であると判定されたときであっても、スリップ輪の個数 $NS$ が非0であるときすなわちいずれかのタンデムサスペンション構造の駆動輪がスリップ又はその傾向を示していると認められるときには（ステップS12）、やはりTRC／ABS相当制御へと移行する（ステップS9）。

【0072】TRC／ABS相当制御の手順の一例を図5に示す。

【0073】TRC／ABS相当制御を実行するに際しては、車両制御部1は、まず、各車輪の車輪速 $V$ の高低や、アクセルオン／オフ等に応じて、結合係数群、制御定数群等を選択する（ステップS60）。

【0074】ここでいう結合係数群は、後述の角加速度判定に使用するしきい値群を決定するために使用する係数の集合であり、制御定数群は、フィードバックトルクを決定する際に使用する定数の集合である。車両制御部1は、ステップS61において、アクセルがオンしているときには、車輪速 $V$ 、アクセル開度 $VA$ 及びシフトポジションに応じ力行トルクマップから（ステップS62）、アクセルがオフしているときには、車輪速 $V$ 、ブ

レーキ力FB及びシフトポジションに応じ回生トルクマップから(ステップS63)、トルク指令を仮確定する。

【0075】車両制御部38は、更に、ステップS61において、アクセルがオンしているときには、アクセル開度VA及びステップS60にて選択した結合係数群とに基づき閾値群を決定する(ステップS64)。また、アクセルがオフしているときには、ブレーキ力FBとステップS60にて選択した結合係数群とに基づき、閾値群を決定する(ステップS65)。

【0076】車両制御部1は、ステップS64又はS65にて決定したしきい値群を基準として、各車輪の角加速度 $d\omega/dt$ を分類する(ステップS66)。車両制御部1は、分類の結果に応じ、異なる演算式等を使用してフィードバックトルクを決定する。例えば、車輪角加速度 $d\omega/dt$ が第1の範囲に属するときには第1の演算式によるフィードバックトルク決定処理を(ステップS67-1)、第2の範囲に属するときには第2の演算式に基づくフィードバックトルク決定処理を(ステップS67-2)、第3の範囲に属するときには第3の演算式によるフィードバックトルク決定処理を(ステップS67-3)、…第nの範囲に属するときには第nの演算式に基づくフィードバックトルク決定処理を(ステップS67-n)というように、各車輪毎にその回転角加速度 $d\omega/dt$ の属する範囲に応じた演算式にてフィードバックトルクを決定する。

【0077】更に、ステップS67-1、S67-2、S67-3、…ステップS67-nにかかる演算式中の定数は、ステップS60にて選択した制御定数群にかかる値とする。車両制御部1は、このようにして決定したフィードバックトルクを、ステップS62又はS63にて仮確定したトルク指令値から減ずることによりトルク指令値を確定し(ステップS68)、確定したトルク指令値を対応するモータ制御部に出力する(ステップS69)。

【0078】このような手順を採用することによって、各駆動輪に作用するトルクを適宜変動させることができ、在来エンジン車両におけるTRC/ABS制御に相当する機能を実現することができる。なお、TRC/ABS相当制御に関しては、特開平8-182119号公報や、特開平10-210604号公報による開示を参照されたい。図5に示す手順を終了した後は、車両制御部1の動作は図6に示すステップS4に移行する。

【0079】車両制御部1は、目標ヨーレート適合制御乃至目標すべり角度適合制御への移行条件やTRC/ABS相当制御への移行条件がいずれも成立しないとき、すなわち舵角 $\delta$ の絶対値がしきい値以上となっており、タンデムサスペンション構造のスリップ輪の個数NS(セット数)が2以下であって、かつ左側の2個の車輪又は右側の2個の車輪がいずれもスリップ輪となつて

はいないときに、8WD制御(ステップS6)にかかる手順を実行する。

【0080】その際に、車両制御部1は、まず、上記スリップ輪の個数NSが1であるか否かを判定する(ステップS13)。通常の走行路では、 $NS=0$ であるので、車両制御部1の動作はステップS14及びS15に移行する。ステップS14では、車両制御部1は、タンデムサスペンション構造の全ての駆動輪を配分輪として決定する。ここでいう配分輪とは、実際にトルク出力を配分する駆動輪である。ステップS15では、車両制御部1は、各配分輪に対するトルク出力の配分の比重を通常値に設定する。例えば、全ての駆動輪に対し、配分の比重=1を設定する。ただし、この配分の比重は、車両積載重量に応じて変化させてもよいし、車体の構造に応じて前後の車輪間で異なる所定比重としても構わない。

【0081】逆に、ステップS13において $NS=1$ であると判定したときや、ステップS11においてTRC/ABS相当制御への移行条件が成立していないと判定されたときには、車両制御部1スリップ輪以外の車輪を配分輪として決定する(ステップS16)。

【0082】更に、実際にトルクを出力したときに車体重心を中心としたヨー方向のモーメントが新たに車体に作用することとならないよう、すなわち左右がバランスするように、各車両に対する配分比重を調整する(ステップS17)。

【0083】例えば、ステップS16において配分輪に選択されなかった駆動輪すなわちスリップ輪についてはトルク指令が与えられないよう配分比重を0とし、左側及び右側のうちスリップ輪が属する側の非スリップ輪の配分比重には、スリップしていなければスリップ輪に配分されるはずであったトルク出力に相当する配分比重を上乗せする。

【0084】車両制御部1は、ステップS15又はS17を実行した後、ステップS18において、アクセルがオンしていれば、車体速VS、アクセル開度VA及びシフトポジションに応じ力行トルクマップから(ステップS19)、アクセルがオフしていれば、車体速VS、ブレーキ力FB及びシフトポジションに応じ回生トルクマップから(ステップS20)トルク指令を仮確定する。

【0085】車両制御部1は、ステップS19又はS20を実行した後、ステップS15又はS17にてあらかじめ設定乃至調整されている配分比重に応じて、ステップS19又はS20にて仮確定したトルク指令値に調整を施し(例えば配分比重を乗算し)、これにより各車輪に対するトルク指令値を確定する(ステップS21)。

【0086】車両制御部1は、ステップS21にて確定した各トルク指令値をそれぞれ対応するモータ制御部へと出力し(ステップS22)、その後ステップS4に移行する。

【0087】従って、本実施形態では、タンデムサスベ

ンション構造の各車輪のスリップ状態に応じて、制御状態が切り替わる。まず、タンデムサスペンション構造の2輪を1個の単位とすると、4個の車輪のうち1個のみがスリップしているときすなわち $NS=1$ であるときには、スリップしていなければ当該スリップ輪にてさせるはずであったトルク指令が、このスリップ輪と同じ側にある他の駆動輪にて出力されることになる。また同様に $NS=2$ であるときのうち、スリップ輪が左右に1個ずつ存在しているときには、左右1個ずつ残っている非スリップ輪にてトルク指令が実現される。さらに、 $NS=2$ でありかつスリップ輪がいずれも左側（又は右側）にあるときには、 $TRC/ABS$ 相当制御が実行される。更に、 $NS=3$ であるときや、 $NS=4$ であるときには、やはり、 $TRC/ABS$ 相当制御が実行される。このように、本実施形態によれば、各車輪におけるスリップ又はその傾向の発生状況、特にスリップ輪の個数や位置に応じて、車両制御部1による各モータ出力の制御モードや各車輪に対するトルク配分比重を切り換え又は変更するようにしているため、ホイールインモータ型の8輪駆動電気自動車において好適な8WD制御や $TRC/ABS$ 相当制御を実現し、走行安定性を維持改善することができる。

### (3) フェイルセーフ機構

上記のとおり、主要な電子制御ユニットは、制御信号用迂回幹線伝送路CRを介して接続されているので、伝送路等に障害が発生した場合にも制御系をバックアップでき、通常通りの制御を行うことができる。

【0088】信号伝送系は、電子制御ユニットを形成する車両制御部1、モータ制御部2、3、4、5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22に設けられたノード（通信装置）に基づいて構成される。各ノード（通信装置）は、自ノードの識別子 $N1, N2, N3, N4, N5, N10, N11, N12, N13$ を記憶する自ノードID記憶手段 $N1b, N2b, N3b, N4b, N5b, N10b, N11b, N12b, N13b$ と、伝送路および迂回伝送路に接続されている隣接ノードの識別子を記憶する隣接ノードID記憶手段 $N1c, N2c, N3c, N4c, N5c, N10c, N11c, N12c, N13c$ と、ノードに送られてくるメッセージに基づき経路設定の処理を行う処理手段 $N1a, N2a, N3a, N4a, N5a, N10a, N11a, N12a, N13a$ とをそれぞれ有した複数のノード $N1, N2, N3, N4, N5, N10, N11, N12, N13$ とそれらを接続する伝送路 $R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11, R12, R13$ と迂回伝送路 $CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, CR13$ と制御信号用迂回幹線伝送路CRからなり、発生した障害箇所を迂回して通信経路を設定する迂回経路設定方式をとっている。

【0089】上記迂回経路設定方式によれば、各ノードは接続された伝送路および迂回伝送路を介した隣接ノード間のポーリングにより、相手からの応答がないとき両者間の伝送路または迂回路伝送路における通信の障害として検出し、前記通信障害を検出したノードは、自己の識別子と、前記通信障害を検出された伝送路に接続された隣接ノードの識別子とを探索メッセージsとして送信し、前記探索メッセージを受信したノードは、前記探索メッセージ中の前記隣接ノードの識別子Dを自己の自ノードID記憶手段または隣接ノードID記憶手段に記憶されている識別子と比較し、前記比較の結果、いずれも一致しなければ、前記探索メッセージを受信したノードは、前記探索メッセージを他のノードに中継し、一方、前記比較の結果、いずれかが一致すれば、前記探索メッセージを受信したノードは、迂回路設定のための応答メッセージrを前記通信障害を検出したノードに送り返す。

【0090】探索メッセージsや応答メッセージrは、送信信号のフレームの制御部に、探索メッセージや応答メッセージ等のメッセージ種類、送信先通信装置の識別子（ID）、送信元通信装置の識別子（ID）、障害関連通信装置の識別子（ID）、回線残り容量などをのせる。障害関連通信装置とは、障害を発生している通信装置または障害を発生している伝送路に接続された隣接の通信装置を指す。

【0091】車両制御部1のノードN1と各モータ制御部のノードNnとの間の伝送路が確保できたことを各ノードが検出すると、各ノードは自モータ制御部および自インバータをスタンバイ状態に設定する。伝送路を介して制御指令が入力したときには、自モータ制御部は自インバータを制御指令によって制御する。

〔事例（a）〕例えば、車両制御部1とモータ制御部2の間の信号伝送路R2で通信障害B1が発生した場合について、図1と図2を用いて説明する。

【0092】ノードN2は、接続された伝送路および迂回伝送路を介した隣接ノードN1間のポーリングにより、相手からの応答がないとき通信の障害として検出する。ノードN2の処理手段N2aは、信号フレームの制御部に、メッセージ種類が探索メッセージsであり、送信元通信装置の識別子がN2であり、障害関連通信装置の識別子がN1である旨の信号をのせてノードN13又はN3に送信する。

（a-1）まず、ノードN3を介した迂回路の設定について説明する。ノードN3は、この探索メッセージsを受信すると、処理手段N3aにおいて探索メッセージsから障害関連ノードの識別子N1を取り出し、この識別子N1を自ノードID記憶部N3bに記憶されたデータN3及び隣接ノードID記憶部N3cに記憶されたデータN1、N2、N10と比較する。この比較の結果、識別子N1が隣接ノードID記憶部N3cに記憶されたデ

ータN1と一致するので、ノードN3がノードN2とノードN1との間の伝送路、即ち、迂回伝送路CR2→迂回幹線伝送路CR→迂回伝送路CR3→ノードN3→伝送路R3→伝送路R1と接続されるようにノードN2に応答メッセージrを送信するとともに、自己の経路切替え部に対して、伝送路R2を経由するノードN2への通信経路に代わってノードN3を経由してノードN2への迂回経路を設定することを指示する経路設定信号を送る。

【0093】応答メッセージrは、メッセージ種類が応答メッセージであり、送信先ノードの識別子がN2であり、送信元ノードの識別子がN3である旨の信号を、信号フレームの制御部にのせた送信信号である。

【0094】一方、応答メッセージrを受信したノードN2は、応答メッセージrを受信すると、送信元通信装置の識別子がN3である旨の信号を取り出し、これに基づき迂回経路を設定すべき相手のノードを確認して、自己の経路切替え部に対して、上記の実施態様と同様にノードN3への迂回経路を設定することを指示する経路設定信号を送る。

(a-2)ノードN13を介した迂回路の設定について説明する。

上記(a-1)で説明した手順と同様の手順により、迂回伝送路CR2→迂回幹線伝送路CR→迂回伝送路CR13→ノードN13→伝送路R13→伝送路R1と接続される迂回路を形成する。

【0095】以上の2つの経路設定信号に基づき迂回経路が設定される。

〔事例(b)〕例えば、車両制御部1とモータ制御部2の間の信号伝送路R2でB1の通信障害および迂回幹線伝送路CRでB2の通信障害が発生した場合について、図1と図2を用いて説明する。

【0096】この場合には、上記(a-2)で説明した迂回路だけが設定でき、上記(a-1)で説明した迂回路は設定できない。

〔事例(c)〕例えば、車両制御部1とモータ制御部2の間の信号伝送路R2でB1の通信障害および迂回幹線伝送路CRでB2およびB3の通信障害が発生した場合について、図1と図2を用いて説明する。

【0097】この場合、B1、B2およびB3の通信障害発生により、ノードN2は車両制御部1への伝送路がすべてなくなったことを、所定時間内にボーリングに対する応答がないことによりノードN2が検出し、モータ制御部2のスタンバイモードを停止モードに変えインバータ10、10'を停止する。

【0098】車両制御部1は、所定時間内にノードN2からの応答がないことを検出し、ノードN2を伝送回路から切り離し、残りのノードを介してバックアップして残りのモータ制御部を制御する。

【0099】以下、車両制御部1と各制御部2、3、

4、5、10、11、12、13との迂回路は上記した実施態様と同様に設定される。

【0100】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0101】(1)走行安定性を向上できる電子制御を採用し、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪に電子制御のモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車、特定の電子制御系に障害が発生しても、迂回経路を設定することにより、制御機能を維持したまま、車両の制御動作を継続することができる。

【0102】(2)電子制御系にフェールセーフ機構を組み込んだので、車両制御を安定に行うことができる。つまり、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪にモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車において、走行安定性を向上できる制御を採用したので、各輪毎の支持荷重を少なくでき、それに見合うTRC又はABS制御ができるので、スリップ等を少なくすることができ、走行安定性を向上させることができる。また、非スリップ輪が車体の左側及び右側に少なくとも1個ずつあるときに、車体に新たなヨー方向モーメントが作用しないよう調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するようにしたため、ヨー方向モーメントの発生を防ぎながら8WDを実現でき、スリップ時における信頼性の高い走行安定性制御を実現することができる。

【0103】(3)電子制御系にフェールセーフ機構を組み込んだので、車両制御を安定に行うことができる。つまり、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪にモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車において、走行安定性を向上できる制御を採用したので、スリップ等を少なくでき、走行安定性を向上させることができ、また、非スリップ輪が車体の左側に1個もないとき及び右側に1個もないときに、スリップ輪のスリップ状態に応じ調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するようにしたため、TRC/ABS相当制御を制動用流体の圧力操作のための部材なしで実現することができ、かつTRC/ABS相当制御が適切な状況下で動作するため、スリップ時における信頼性の高い走行安定性制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す電気自動車のシステム構成図である。

【図2】本発明の実施例を示す電気自動車の電子制御系のブロック図である。

【図3】本発明の実施例を示す車体速検出ステップを示すフローチャートである。

【図4】本発明の実施例を示す目標ヨーレイト（すべり角度）適合制御ステップを示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施例を示すTRC／ABS制御ステップを示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施例を示す車両制御部の動作手順を示すフローチャートである。

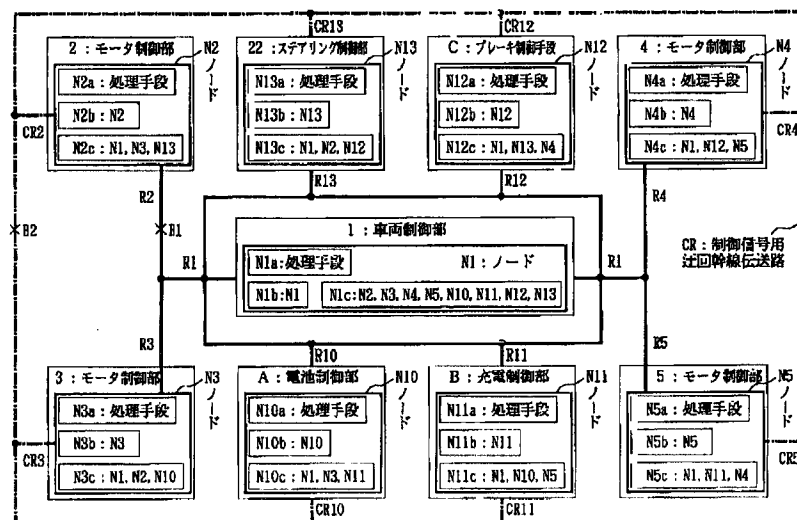
【図7】電気動力自動車の基本構成を示す図である。

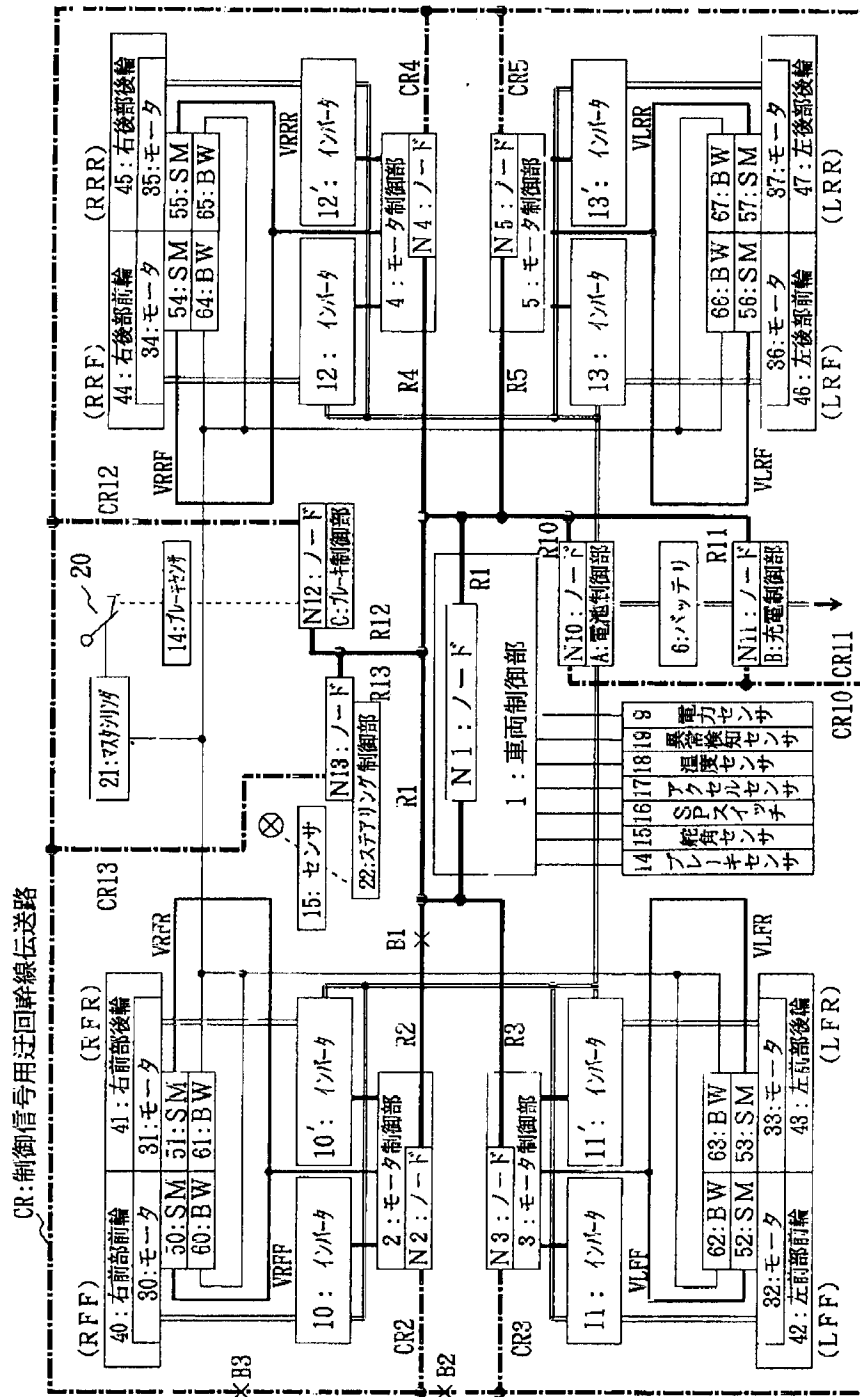
【符号の説明】

- 1 車両制御部（CPU）  
 2, 3, 4, 5 モータ制御部（CPU）  
 6 バッテリ  
 9 電力センサ  
 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13' インバータ  
 14 ブレーキセンサ  
 15 舵角センサ  
 16 シフトポジションスイッチ  
 17 アクセルセンサ  
 18 温度センサ  
 19 異常検知センサ  
 20 ブレーキペダル  
 21 マスタシリンダ  
 A 電池制御部  
 B 充電制御部  
 C ブレーキ制御部  
 22 ステアリング制御部  
 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 モータ  
 40 右前部前輪RFF  
 41 右前部後輪RFR  
 42 左前部前輪LFF

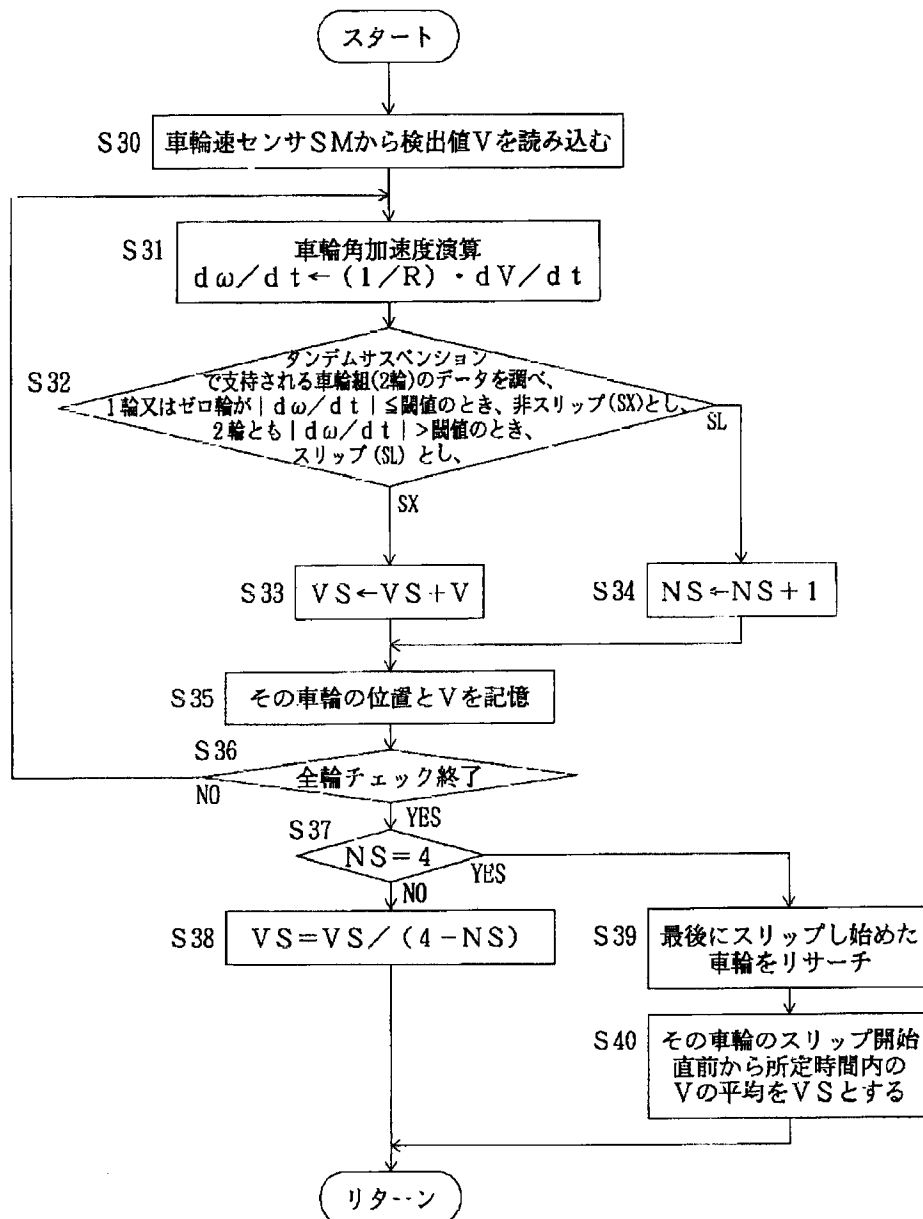
- 43 左前部後輪LFR  
 44 右後部前輪RRF  
 45 右後部後輪RRR  
 46 左後部前輪LRF  
 47 左後部後輪LRR  
 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 回転位置センサ  
 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 ブレーキホイール  
 70, 71, 72, 73 回転位置センサ（RPS）  
 VRFF, VRFR, VLFF, VLFR, VRRF, VRRR, VLRF, VLRR 車輪速  
 PRFR, PRFF, PLFF, PLFR, PRRF, PRRR, PLRR, PLRF 回転位置  
 TRF, TLF, TRR, TLR トルク指令  
 CR 制御信号用迂回幹線伝送路  
 CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, CR13 迂回伝送路  
 R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11, R12, R13 伝送路  
 N1, N2, N3, N4, N5, N10, N11, N12, N13 ノード  
 N1a, N2a, N3a, N4a, N5a, N10a, N11a, N12a, N13a 処理手段  
 N1b, N2b, N3b, N4b, N5b, N10b, N11b, N12b, N13b 自ノードID記憶手段  
 N1c, N2c, N3c, N4c, N5c, N10c, N11c, N12c, N13c 隣接ノードID記憶手段

【図2】

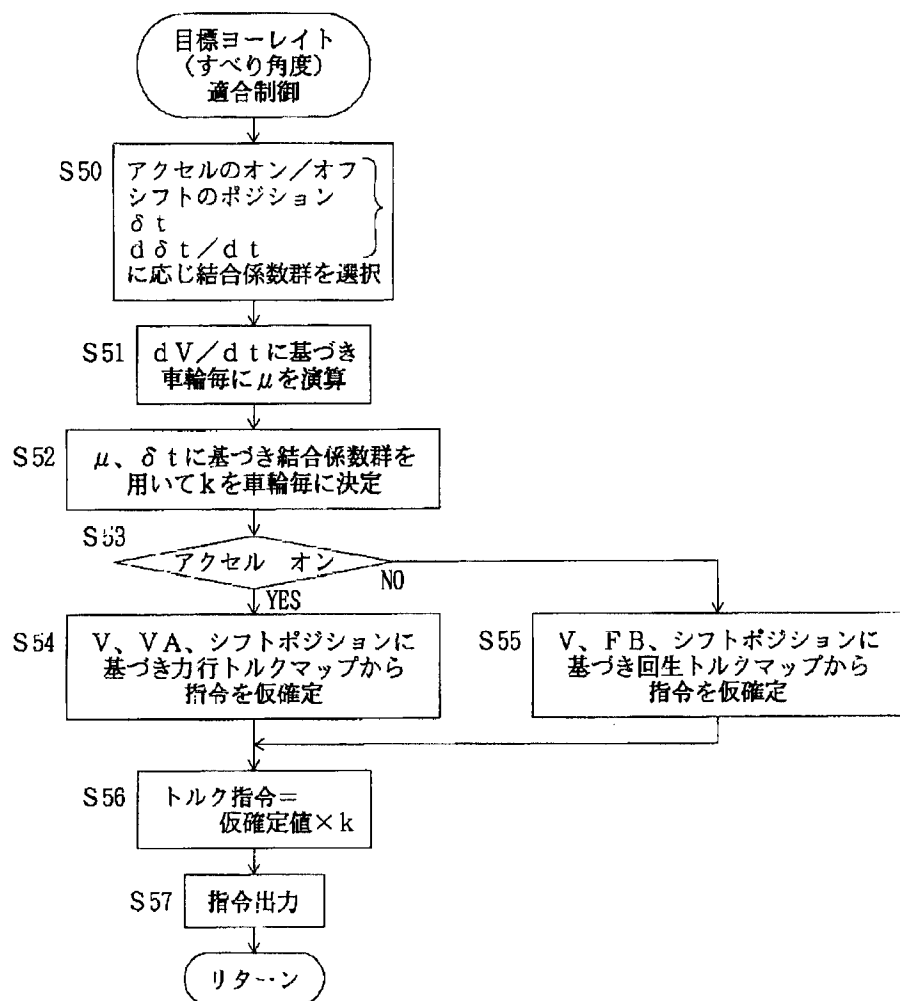




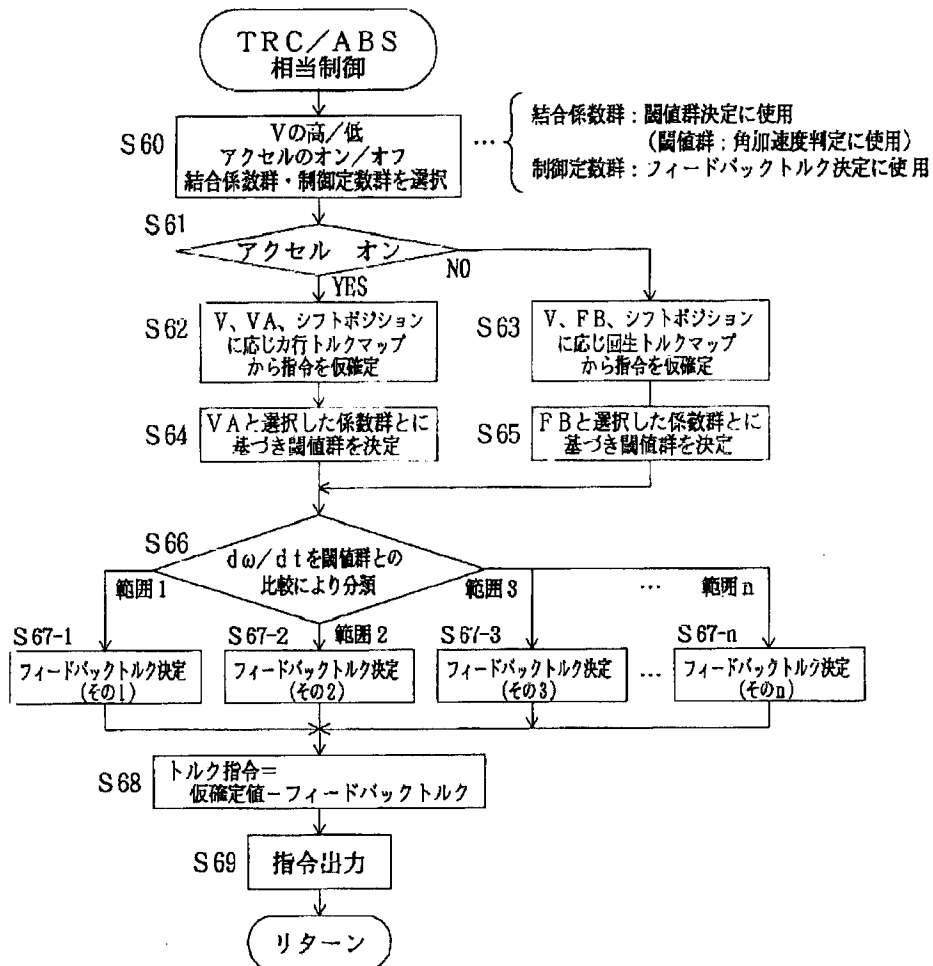
【図3】



【図4】

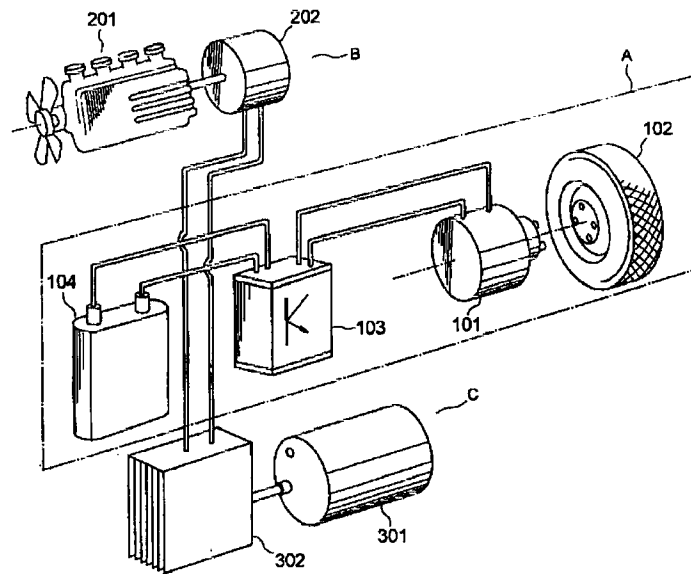


【図5】





【図 7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年10月19日（2001. 10. 19）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】電気自動車の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一台の車に複数の駆動輪があり、該駆動輪のそれぞれに1個ずつの駆動用モーターが取り付けられている電気自動車において、前記駆動用モーターのそれぞれに外部からの電気信号によって加速と減速を行わせるための速度制御装置が取り付けられているとともに、該速度制御装置のそれぞれに運転者あるいは車載のセンサーからの指令に基づき、加速減速のための制御信号を送り、かつ、前記駆動用モーターおよび前記速度制御装置の動作状況を制御用信号として受け取る機能を有する主制御装置を具備することを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項2】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、電池の電圧、該電池から供給される電流、電池温度のそれぞれが含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項3】 請求項1記載の電気自動車の制御装置に

おいて、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、ステアリングの操舵角が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項4】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、充電装置から充電中であることを示すセンサー信号が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項5】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、ブレーキ制御部からのブレーキ指令値およびマスターシリンダーの油圧を示すセンサー信号が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項6】 請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置から送られる制御信号として、ステアリングの操舵角信号が含まれることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項7】 車両の電子制御系における通信障害を検出したノードが伝送経路を探索する探索メッセージを送信し、伝送路を形成可能なノードが応答メッセージを返送して迂回路を形成する信号伝送路のフェールセーフ手段を備えたことを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項8】 請求項7記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、自ノードの識別子を記憶する自ノードID記憶手段と、前記伝送路に接続されている隣接ノードの識別子を記憶する隣接ノードID記憶手段と、前記ノードに送られてくるメッセージに基づき経路設定の処理を行う処理手段とから構成されることを特徴

とする電気自動車の制御装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部に設けられていることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項 10】 請求項 8 記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは電池制御部、ステアリング制御部、ブレーキ制御部、充電制御部に設けられていることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項 11】 請求項 9 記載の電気自動車の制御装置において、前記車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部は、それぞれに設けたノードを介して入力した制御信号により電力変換器を制御することを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項 12】 請求項 9 又は 10 記載の電気自動車の制御装置において、前記迂回路を、閉ループを構成する制御信号用迂回幹線伝送路と、該迂回幹線伝送路と前記各モータ制御部との間の迂回伝送路とから構成したことを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項 13】 請求項 12 記載の電気自動車の制御装置において、特定のノードは、前記車両制御部との間の伝送路及び迂回伝送路の全てに障害が発生したことを検出したとき、前記モータ制御部の動作を停止し、前記車両制御部は、前記特定ノードからの応答がないことを検出し、前記特定ノードのモータ制御部を制御部対象から切り離すことを特徴とする電気自動車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両の電子制御系にフェールセーフ手段を備えた電気自動車の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】モータリゼーションによる空気汚染を防止する一つの決め手として完全電気自動車の開発が急務となってきた。自然環境の保全は 21 世紀の大きな目標であることを認識して、本出願の発明者は 1980 年時代からその研究に着手し、その成果をあげつつある。

【0003】図 7 に示すように、電気自動車とは、電動機 101 の駆動力のみを用いて走行が可能な車であり、その電動機 101 に供給する電力源として、二次電池（バッテリー）を用いるものを狭義の電気自動車 A、エンジン発電機を用いるものをシリーズハイブリッド車 B、燃料電池を用いるものを燃料電池車 C と呼ぶことにする。102 は車輪、103 はコントローラ、104 は二次電池、201 はエンジン、202 は発電機、301 は水素供給源、302 は燃料電池である。

【0004】このように、電気自動車とは、回転式電気電動機の駆動力のみを用いて走行が可能な車であり、その電気電動機に供給する電力源として、二次電池、燃料

電池、内燃機関を用いた発電機、太陽電池等およびこれらを組み合わせたものを使用した車と定義する。ただし、以下の説明では、二次電池のみを用いた電気自動車を念頭におくが、燃料電池、内燃機関発電機、太陽電池を電力源とする車も当然に含まれる。

【0005】車両の運転の安全性および使いやすさを向上させるために、車両の安全上問題となる電子システムは、次第に冗長な構成要素、例えばセンサ、計算機要素が搭載されるようになってきている。

【0006】例えば、運転者によって操作可能な操作部材の位置センサ、あるいは回転数センサなどが冗長に設けられている例が紹介されている。この冗長に構成された測定装置の信号は、それぞれほぼ同一のコンピュータプログラムに基づいて車両の駆動出力の制御を行う 2 つのプロセッサに供給される。その際、両プロセッサの出力信号は車両の駆動ユニットの出力に影響を与える同一の可変量に作用する。

【0007】しかし、この種のシステムを完全に冗長にすると著しく複雑になり、それによってコストが増大し、故障の頻度も増大してしまう。

【0008】現在の車両には知られているように複数の電子制御ユニットが搭載されている。特に速度制御ユニット、操舵制御ユニット等が挙げられる。これらの制御ユニットはそれぞれ車両の駆動ユニットの他の可変量に作用する。

【0009】現在の車両においては、これらの制御ユニットは電子接続システムによって互いに接続され、かつそれを介して互いにデータおよび情報を交換する。

【0010】特に、電気自動車の速度制御は電動機に流す電流を制御する制御装置にアクセルペダルからの電気的信号を流す方法が用いられるが、複数の電動機が駆動に使われる場合であって、かつ、車の加速、減速、旋回角を制御する場合には、車全体を制御する中央制御装置をもう 1 台必要とする。これまで、このような制御装置では、中央制御装置と各電動機に取り付けられている制御装置との間が、それぞれ信号線で結ばれ制御が行われていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような制御の方法では、それぞれの通信線に不都合が生じた場合、個々の電動機を制御することが不可能となる。

【0012】本発明は、上記状況に鑑みて、それぞれの電動機に取り付けられた制御装置の間でも信号伝送を可能とし、いずれかの伝送線に不都合が生じたときに迂回して制御情報を送受信できる電気自動車の制御装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本願発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕一台の車に複数の駆動輪があり、該駆動輪のそれ

それに1個ずつの駆動用モーターが取り付けられている電気自動車において、前記駆動用モーターのそれぞれに外部からの電気信号によって加速と減速を行わせるための速度制御装置が取り付けられているとともに、該速度制御装置のそれぞれに運転者あるいは車載のセンサーからの指令に基づき、加減速のための制御信号を送り、かつ、前記駆動用モーターおよび前記速度制御装置の動作状況を制御用信号として受け取る機能を有する主制御装置を具備することを特徴とする。

【0014】〔2〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、電池の電圧、該電池から供給される電流、電池温度のそれぞれが含まれることを特徴とする。

【0015】〔3〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、ステアリングの操舵角が含まれることを特徴とする。

【0016】〔4〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、充電装置から充電中であることを示すセンサー信号が含まれることを特徴とする。

【0017】〔5〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置に入力するセンサー信号として、ブレーキ制御部からのブレーキ指令値およびマスターシリンダーの油圧を示すセンサー信号が含まれることを特徴とする。

【0018】〔6〕上記〔1〕記載の電気自動車の制御装置において、前記主制御装置から送られる制御信号として、ステアリングの操舵角信号が含まれることを特徴とする。

【0019】〔7〕車両の電子制御系における通信障害を検出したノードが伝送経路を探索する探索メッセージを送信し、伝送路を形成可能なノードが応答メッセージを返して迂回路を形成する信号伝送路のフェールセーフ手段を備えたことを特徴とする。

【0020】〔8〕上記〔7〕記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、自ノードの識別子を記憶する自ノードID記憶手段と、前記伝送路に接続されている隣接ノードの識別子を記憶する隣接ノードID記憶手段と、前記ノードに送られてくるメッセージに基づき経路設定の処理を行う処理手段とから構成されることを特徴とする。

【0021】〔9〕上記〔8〕記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは、車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部に設けられていることを特徴とする。

【0022】〔10〕上記〔8〕記載の電気自動車の制御装置において、前記ノードは電池制御部、ステアリング制御部、ブレーキ制御部、充電制御部に設けられていることを特徴とする。

【0023】〔11〕上記〔9〕記載の電気自動車の制御装置において、前記車両制御部および各車輪組毎に設けたモータ制御部は、それぞれに設けたノードを介して入力した制御信号により電力変換器を制御することを特徴とする。

【0024】〔12〕上記〔9〕又は〔10〕記載の電気自動車の制御装置において、前記迂回路を、閉ループを構成する制御信号用迂回幹線伝送路と、該迂回幹線伝送路と前記各モータ制御部との間の迂回伝送路とから構成したことを特徴とする。

【0025】〔13〕上記〔12〕記載の電気自動車の制御装置において、特定のノードは、前記車両制御部との間の伝送路及び迂回伝送路の全てに障害が発生したことを検出したとき、前記モータ制御部の動作を停止し、前記車両制御部は、前記特定ノードからの応答がないことを検出し、前記特定ノードのモータ制御部を制御部対象から切り離すことを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。ここでは、代表例となる、各2輪がタンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、6輪以上の駆動輪を有し、各駆動輪をインホイール式ドライブとした電気自動車に搭載され、スリップ時における走行安定性を向上させるように各々をモータ制御する制御装置に、フェールセーフ機構を適用する実施態様について説明する。

【0027】本発明の特徴は電子制御ユニットを備える制御系におけるフェールセーフ手段にあり、その余の制御系および装置は適宜適用可能となる。

（1）システム構成

図1は本発明の実施例を示す電気自動車のシステム構成図である。

【0028】本発明においては、前後両車輪がタンデムホイール式サスペンションで支持された車輪系である必要はなく、前または後の車輪系のみがタンデムホイール式サスペンションで支持された車輪系であってもよい。

【0029】この実施態様における電気自動車は、インホイールモータ型の8輪駆動電気自動車である。すなわち、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪にモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車である。

【0030】このように構成することにより、各車輪毎の支持荷重を少なくでき、それに見合うTRC又はABS制御を行い、スリップ等を少なくし、走行安定性を向上させることができる。

【0031】各モータは、交流、直流、パルス等の各種の電源により駆動可能であり、その電源の種類により対応する変換器、例えば電源が交流のとき変換器がインバータであり、直流のときコンバータであり、パルスのと

きチョッパなどである。

【0032】以下、電源が交流で変換器がインバータの場合の実施態様について説明する。

【0033】車両制御部1は、マイクロコンピュータを備え、各種センサからの検出情報を入力して必要な処理を行って各モータ制御部(CPU)2, 3, 4, 5へ制御指令を出力する。車両制御部(CPU)1からの前記制御指令は伝送路R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11, R12, R13、迂回伝送路CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, CR13および制御信号用迂回幹線伝送路CRを介して各モータ制御部2, 3, 4および5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22へ出力される。

【0034】また、車両制御部1は、各モータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37の出力トルクの制御、回転数制御、速度制御、車載各コンポーネントの状態監視・制御、車両乗員への車両状態の報知、バッテリーの給電制御、バッテリーの充電制御、ブレーキ制御、ステアリング制御、その他の機能を担う電子制御ユニット(ECU)よりなり、前記機能を行うための処理用マイクロプログラムを有する。さらに、車両制御部1には、回転位置センサ(SM)50, 51, 52, 53, 54, 55, 56および57、バッテリーの電圧値・電流値検出のための電力センサ9、ブレーキの操作を検出するブレーキセンサ14、ハンドルの操舵角を検出する舵角センサ15、シフトレバーのシフトポジションを検出するシフトポジション(SP)スイッチ16、アクセルの開度を検出するアクセルセンサ17、バッテリー温度・変換器温度等を検出する温度センサ18、変換器の電圧値・電流値が閾値より低下したこと等を検出する異常検知センサ19の検出出力が入力される。

【0035】各車輪毎に設けられている回転位置センサ(例えばレゾルバ)50, 51, 52, 53, 54, 55, 56および57は、それぞれの車輪の車輪速VRFF, VRFR, VLFF, VLFR, VRRF, VRRR, VLRFFおよびVLRFRを示す信号(例えば微小角度位置変位毎のパルス信号)を生成し、車両制御部1に供給する。

【0036】アクセルセンサ17は、アクセルペダル(図示せず)の踏み込み量を示す信号を、ブレーキセンサ14は、ブレーキペダル20の踏み込み量を示す信号を、シフトポジションスイッチ16は、シフトレバー(図示せず)の投入レンジ(及びエンジンブレーキレンジ等では当該レンジ内でのシフトレバー位置)すなわちシフトポジションを示す信号を、それぞれ出力させる。舵角センサ15は、ハンドルの舵角検出の結果を示す信号例えば舵角 $\delta$ を示す信号を出力させる。バッテリー6の電力センサ9は、バッテリー6の電圧値・電流値を測定して出力する。温度センサ18は、インバータ等の機器

の温度を測定して出力する。異常検知センサ19は、インバータの電圧値・電流値が閾値以下になったときに異常信号を出力する。

【0037】これらのセンサの出力は、いずれも、車両制御部1に入力されるにあたって、車両制御部1にて処理可能な形式のデータに変換される。車両制御部1は、変換後のデータを用いて、トルク指令、回転数指令および速度指令等の決定、制御方法の切り換え等を実行する。以下、例示としてトルク制御の実施態様について説明する。

【0038】各モータ制御部2, 3, 4, 5は、マイクロコンピュータを備え、車両制御部1からの制御指令を伝送路を介して入力して必要な処理をし、インバータ10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13'に制御指令を出力するように構成されている。モータ制御部2は、トルク指令TRFに応じて、モータ制御部3はトルク指令TLFに応じて、モータ制御部4はトルク指令TRRに応じて、モータ制御部5はトルク指令TLRに応じて、それぞれ対応するインバータ10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13'を制御して、モータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37をトルク制御する。モータ制御部2, 3, 4および5に与えられるトルク指令は、全て車両制御部1から出力される。各モータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37に対するインバータ10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13'の制御は、図示しない電流センサから得たモータの各相電流検出値に基づき、あるいはロータ角度位置等から求めたモータの各相電流推定値に基づき行う。

【0039】タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系は、右前部前輪RFF40、右前部後輪RFR41、左前部前輪LFF42、左前部後輪LFR43、右後部前輪RRF44、右後部後輪RRR45、左後部前輪LRF46および左後部後輪LRR47に、それぞれモータ30, 31, 32, 33, 34, 35, 36および37が組み込まれている。

【0040】バッテリー6は各モータへの駆動電力供給源であり、その出力はインバータ10, 10'を介しモータ30, 31に、インバータ11, 11'を介しモータ32, 33に、インバータ12, 12'を介しモータ34, 35に、そしてインバータ13, 13'を介しモータ36, 37に、それぞれ給電されている。インバータ10, 10'は、車両制御部1に制御されるモータ制御部2の制御のもとに、バッテリー6の出力をモータ30, 31にトルク制御、速度制御等を行うために電力変換(この図では三相交流に変換)して給電する。インバータ11, 11', 12, 12', 13, 13'も同様に動作する。

【0041】図1では、安全性を確保する設計方針により、タンデム式前後左右各輪を油圧及び回生双方にて制

動する制動システムが用いられている。

【0042】すなわち、ブレーキペダル20が踏まれると、これに応じてマスタシリンダ21にて発生した油圧が、それぞれの車輪に設けられているホイールシリンダを介してブレーキホイールBW60、BW61、BW62、BW63、BW64、BW65、BW66およびBW67に作用し、車輪に制動トルクが付与される。

【0043】他方で、ブレーキセンサ14を用いて検出されたブレーキ力（マスタシリンダ21の油圧）FBに応じた検出信号がノードN12を介した伝送路R12により車両制御部1に入力され、車両制御部1は前記検出信号に基づいて回生にかかるトルク指令TRF、TLF、TRRおよびTLRを発生させる。回生指令は制御指令に応じた指令、例えばトルク指令、速度指令などになる。

【0044】従って、図1の車両における制動力配分は、ブレーキ力FBの増大に伴い油圧回生双方が増大する配分となる。このように油圧系統と回生系統がブレーキセンサ14以降は分離しさらに伝送路によりバックアップされているため、油圧及び回生のいずれか一方が誤動作したとしても他方にて車両を退避させることができる。

【0045】更に、油圧系統にはTRC/ABS制御のための油圧ポンプが設けられておらず、油圧制動力の前後配分を適正化するためのプロポーショニングバルブが設けられているのみであるので油圧制動システムの構成が簡素になる。なお、油圧系統にTRC/ABSのための油圧装置を設けなくてもよい理由の一つは、後述のように、モータ12FR、12FL、12RR及び12RLの出力トルクの制御を利用して走行安定性制御を行うという本実施形態の特徴的構成にある。

【0046】本発明の特徴となるフェイルセーフ機構は、閉ループを構成する制御信号用迂回幹線伝送路CRと、この迂回幹線伝送路CRから各モータ制御部2、3、4、5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22へ接続される迂回伝送路CR2、CR3、CR4、CR5、CR10、CR11、CR12、CR13と、各モータ制御部2、3、4、5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22と、全体の制御を行う車両制御部1と、この各モータ制御部、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22と車両制御部1とを接続する伝送路とから構成される。

## (2) 車両の基本的制御

図6は本発明の実施例を示す車両制御部の動作手順を示すフローチャートである。

【0047】車両制御部1は、まず車体速VSの検出を実行する（ステップS1）。

【0048】車体速VSの検出手順としては様々な手順を採用することができるが、例えば、図3に示すような

手順を採用するのが好ましい。以下、車体速VSを検出する手順を図3のフローチャートで示す。この図においては、車両制御部1は、まずタンデム構造になっている2輪毎に1セットとして車輪速センサSMの検出値Vを読み込み（ステップS30）、その車輪角加速度 $d\omega/dt$ を演算する（ステップS31）。車輪角加速度の演算式としては、次の式

$$d\omega/dt \leftarrow (1/R) \cdot dV/dt$$

を用いることができる。上式中、Rは車輪半径であり、V及び $\omega$ は、現在車輪角加速度を求めようとしている車輪にかかる車輪速及び車輪角速度である。

【0049】車両制御部1は、このようにして求めた車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が所定の閾値を上回っているか、上記1セットについて比較する。1セットの内2輪とも（全輪とも）車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が閾値を上回っているときはスリップ（SL）と判定し、1セットの内1輪が閾値を上回っているがもう1輪が閾値を上回らない場合は、非スリップ（SX）と判断すると共に閾値を上回らない方の車輪速Vをそのセットの車輪速として保持し、1セットの内2輪とも（全輪とも）車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が閾値を上回らないときは非スリップ（SX）と判定すると共に大きい値の車輪速をそのセットの車輪速として保持する（ステップS32）。

【0050】その1セットの車輪について非スリップ（SX）と判定したときは、変数VSにその車輪の車輪速Vを積算する（ステップS33）。逆に、その1セットの車輪についてスリップと判定したときは、角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が所定の閾値を上回っているのであれば、その車輪についてはスリップ又はその傾向が発生しているとみなすことができるため、スリップ又はその傾向が生じているとみなせる車輪（スリップ輪）の個数をカウントするための変数であるNSを1インクリメントさせる（ステップS34）。

【0051】車両制御部1は、ステップS33又はS34を実行した後、その1セットの車輪の位置及び車輪速Vを内蔵するメモリ等に記憶する（ステップS35）。車両制御部1は、ステップS31～S35にかかる手順を、全てのタンデム構造の車輪を含むすべての駆動輪について実行する（ステップS36）。

【0052】車両制御部1は、このようにして全ての駆動輪についてスリップ輪かそれとも非スリップ輪かの判定を行った後に、スリップ輪の個数NSが4に等しいか否かすなわち全ての駆動輪がスリップしているのかそうでないかを判定する（ステップS37）。通常は、全ての駆動輪が同時にスリップ又はその傾向を示しはしないため、車両制御部1は、ステップS33の繰り返し実行によりVSに積算された値を $4-NS$ すなわち非スリップ輪の個数にて除すことにより、車体速VSを算出する（ステップS38）。

【0053】逆に、 $NS=4$ が成立しているときには、過去においてステップS35を実行した際に記憶した情報を利用して、最後にスリップし始めた駆動輪がどの車輪であるのかをサーチする（ステップS39）。

【0054】車両制御部1は、このサーチの結果発見された駆動輪すなわち最後にスリップし始めた車輪が、スリップし始める直前に有していた車輪速Vの値を、車体速VSとして用いることとする（ステップS40）。

【0055】このように、本実施形態においては、原則として非スリップ輪の車輪速のみから車体速VSを求めることにより、車体速VSを比較的正確に決定することを可能にしており、ひいては後述する手順にて仮確定されるトルク指令値を適切なものとしている。また、タンデムサスペンション構造であることから、8個の車輪全てがスリップ又はその傾向を示すことは極めてまれな状態ということになるが、そのときにも、最後にスリップし始めた車輪がスリップし始める直前から所定時間内に有していた車輪速の平均をもって車体速VSとしているため、比較的信頼性における車体速情報をトルク指令値の仮確定に利用することができる。ステップS38又はS40実行後は、車両制御部1の動作は、図6のステップS2に戻る。

【0056】図6においては、車体速VSを検出した後、まず操舵の状態を判断するために、舵角 $\delta$ の絶対値が所定の閾値と同じかまたはそれ以上かの判定が実行される（ステップS2）。舵角が閾値より大きい場合、スリップがないとき（ステップS12）、車両制御部1は目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御（例えばすべり角度0制御）を実行する（ステップS3）。

【0057】例えば、舵角センサ15で検出される舵角 $\delta$ の絶対値が所定の閾値以上であるとき、すなわち車両操縦者が操舵を行っているとは判断されるときに、操舵に伴う車体の走行不安定性の発生を防止乃至抑制すべく、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御を実行する。

【0058】目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御の手順の一例を、図4に示す。

【0059】図4に示すフローにおいては、車両制御部1は、まずアクセルセンサ17の出力に基づき判定できるアクセルオン／オフ状態、シフトポジションスイッチ16にて与えられるシフトポジション、舵角センサ15から与えられる舵角 $\delta$ 及びこれに基づき算出できる $d\delta/dt$ 等に基づき、結合係数群（経験に基づく式）を選択している（ステップS50）。

【0060】車両制御部1は、更に、タンデムサスペンション構造の各車輪毎に、車輪加速度 $dV/dt$ を求めこれに基づき路面摩擦係数 $\mu$ （経験に基づく式）を演算する（ステップS51）。車両制御部1は、路面摩擦係数 $\mu$ 及び舵角 $\delta$ に基づき、かつステップS50にて選

択した結合係数群を用いて補正係数kを車輪毎に決定する（ステップS52）。

【0061】車両制御部1は、アクセルがオンしているときには（ステップS53）、車輪速V、アクセル開度VA及びシフトポジションに基づき力行トルクマップから各車輪毎にトルク指令を仮確定する（ステップS54）。またアクセルがオフしているときには（ステップS53）、車輪速V、ブレーキ力FB及びシフトポジションに基づき回生トルクマップから、各車輪毎にトルク指令を仮確定する（ステップS55）。力行トルクマップは回転数及びトルクが共に正の領域におけるモータの回転数トルク特性をあらわすマップであり、回生トルクマップは回転数が正、トルクが負の領域におけるモータの回転数トルク特性を示すマップであり、経験で求めておく。

【0062】車両制御部1は、ステップS54又はS55にて仮確定したトルク指令にステップS52にて決定した補正係数を乗ずることによりトルク指令を決定し（ステップS56）、決定したトルク指令を対応するモータ制御部に出力する（ステップS57）。

【0063】従って、ステップS50にて選択対象となる結合係数群の値や、ステップS52における補正係数kの設定手法次第では、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御を実行しているときのトルク指令が採りうる範囲は、アクセルオン時でも回生領域に属する値となることがあり、またアクセルオフ時でも力行領域に属する値となることがある。このような制御を行うことで、本実施形態では、操舵時における車体の走行安定性を向上させている。

【0064】なお、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御に関しては、特開平10-210604号公報の開示を参照されたい。また、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御に代えて、車体に作用するヨーレイトを含め車両の運動状態を示す複数の状態量を用いて走行安定性制御を実行する手法を採用してもよい。

【0065】この手法に関しては、特開平10-271613号公報を参照されたい。目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御を終了した後は、車両制御部1の動作は、図6に戻る。

【0066】車両制御部1は、ステップS1に戻り動作を繰り返す。また、車体速VSを検出した後実行されるステップS2において、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御を実行する必要がないと認められる場合、即ち舵角の絶対値が閾値より小さいとき、車両制御部1は、原則として8WD制御にかかる手順を実行する（ステップS6）。

【0067】車両制御部1は、この8WD制御ステップS6を開始するに際して、まず、車体速VSを検出する手順にて検出したタンデムサスペンション構造での車輪

1セットに対応するスリップ輪の個数NSに関する判定・分類処理を実行する。

【0068】すなわち、検出されたスリップ輪の個数NSが4に等しいときすなわち全ての駆動輪がスリップまたはその傾向を示しているとき（ステップS7）や、スリップ輪の個数NSが3に等しいときすなわちスリップ又はその傾向を示していないタンデムサスペンション構造の駆動輪が1個（1セット）しかないとき（ステップS8）には、車両制御部1の動作は8WD制御（ステップS6）ではなくTRC/ABS相当制御に移行する（ステップS9）。

【0069】また、スリップ輪の個数NSが2に等しいときすなわちスリップ又はその傾向を示していないタンデムサスペンション構造の駆動輪が2個存在しているとき（ステップS10）であっても、検出されたスリップ輪が共に左側の車輪である場合や共に右側の車輪である場合（ステップS11）には、TRC/ABS相当制御へと移行する（ステップS9）。

【0070】更に、前述のステップS2において目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御が必要とみられる状態であると判定されたときであっても、スリップ輪の個数NSが非0であるときすなわちいずれかのタンデムサスペンション構造の駆動輪がスリップ又はその傾向を示していると認められるときには（ステップS12）、やはりTRC/ABS相当制御へと移行する（ステップS9）。

【0071】TRC/ABS相当制御の手順の一例を図5に示す。

【0072】TRC/ABS相当制御を実行するに際しては、車両制御部1は、まず、各車輪の車輪速Vの高低や、アクセルオン/オフ等に応じて、結合係数群、制御定数群等を選択する（ステップS60）。

【0073】ここでいう結合係数群は、後述の角加速度判定に使用する閾値群を決定するために使用する係数の集合であり、制御定数群は、フィードバックトルクを決定する際に使用する定数の集合である。車両制御部1は、ステップS61において、アクセルがオンしているときには、車輪速V、アクセル開度VA及びシフトポジションに応じ力行トルクマップから（ステップS62）、アクセルがオフしているときには、車輪速V、ブレーキ力FB及びシフトポジションに応じ回生トルクマップから（ステップS63）、トルク指令を仮確定する。

【0074】車両制御部38は、更に、ステップS61において、アクセルがオンしているときには、アクセル開度VA及びステップS60にて選択した結合係数群とに基づき閾値群を決定する（ステップS64）。また、アクセルがオフしているときには、ブレーキ力FBとステップS60にて選択した結合係数群とに基づき、閾値群を決定する（ステップS65）。

【0075】車両制御部1は、ステップS64又はS65にて決定した閾値群を基準として、各車輪の角加速度 $d\omega/dt$ を分類する（ステップS66）。車両制御部1は、分類の結果に応じ、異なる演算式等を使用してフィードバックトルクを決定する。例えば、車輪角加速度 $d\omega/dt$ が第1の範囲に属するときには第1の演算式によるフィードバックトルク決定処理を（ステップS67-1）、第2の範囲に属するときには第2の演算式に基づくフィードバックトルク決定処理を（ステップS67-2）、第3の範囲に属するときには第3の演算式によるフィードバックトルク決定処理を（ステップS67-3）、…第nの範囲に属するときには第nの演算式に基づくフィードバックトルク決定処理を（ステップS67-n）というように、各車輪毎にその回転角加速度 $d\omega/dt$ の属する範囲に応じた演算式にてフィードバックトルクを決定する。

【0076】更に、ステップS67-1、S67-2、S67-3、…ステップS67-nにかかる演算式中の定数は、ステップS60にて選択した制御定数群にかかる値とする。車両制御部1は、このようにして決定したフィードバックトルクを、ステップS62又はS63にて仮確定したトルク指令値から減ずることによりトルク指令値を確定し（ステップS68）、確定したトルク指令値に対応するモータ制御部に出力する（ステップS69）。

【0077】このような手順を採用することによって、各駆動輪に作用するトルクを適宜変動させることができ、在来エンジン車両におけるTRC/ABS制御に相当する機能を実現することができる。なお、TRC/ABS相当制御に関しては、特開平8-182119号公報や、特開平10-210604号公報による開示を参照されたい。図5に示す手順を終了した後は、車両制御部1の動作は図6に示すステップS4に移行する。

【0078】車両制御部1は、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御への移行条件やTRC/ABS相当制御への移行条件がいずれも成立しないとき、すなわち舵角 $\delta$ の絶対値が閾値以上となっておらず、タンデムサスペンション構造のスリップ輪の個数NS（セット数）が2以下であって、かつ左側の2個の車輪又は右側の2個の車輪がいずれもスリップ輪となっていないときに、8WD制御（ステップS6）にかかる手順を実行する。

【0079】その際に、車両制御部1は、まず、上記スリップ輪の個数NSが1であるか否かを判定する（ステップS13）。通常の走行路では、NS=0であるので、車両制御部1の動作はステップS14及びS15に移行する。ステップS14では、車両制御部1は、タンデムサスペンション構造の全ての駆動輪を配分輪として決定する。ここでいう配分輪とは、実際にトルク出力を配分する駆動輪である。ステップS15では、車両制御

部1は、各配分輪に対するトルク出力の配分の比重を通常値に設定する。例えば、全ての駆動輪に対し、配分の比重=1を設定する。ただし、この配分の比重は、車両積載重量に応じて変化させてもよいし、車体の構造に応じて前後の車輪間で異なる所定比重としても構わない。

【0080】逆に、ステップS13においてNS=1であると判定したときや、ステップS11においてTRC/ABS相当制御への移行条件が成立していないと判定されたときには、車両制御部1スリップ輪以外の車輪を配分輪として決定する(ステップS16)。

【0081】更に、実際にトルクを出力したときに車体重心を中心としたヨー方向のモーメントが新たに車体に作用することとならないよう、すなわち左右がバランスするように、各車両に対する配分比重を調整する(ステップS17)。

【0082】例えば、ステップS16において配分輪に選択されなかった駆動輪すなわちスリップ輪についてはトルク指令が与えられないよう配分比重を0とし、左側及び右側のうちスリップ輪が属する側の非スリップ輪の配分比重には、スリップしていなければスリップ輪に配分されるはずであったトルク出力に相当する配分比重を上乗せする。

【0083】車両制御部1は、ステップS15又はS17を実行した後、ステップS18において、アクセルがオンしていれば、車体速VS、アクセル開度VA及びシフトポジションに応じ力行トルクマップから(ステップS19)、アクセルがオフしていれば、車体速VS、ブレーキ力FB及びシフトポジションに応じ回生トルクマップから(ステップS20)トルク指令を仮確定する。

【0084】車両制御部1は、ステップS19又はS20を実行した後、ステップS15又はS17にてあらかじめ設定乃至調整されている配分比重に応じて、ステップS19又はS20にて仮確定したトルク指令値に調整を施し(例えば配分比重を乗算し)、これにより各車輪に対するトルク指令値を確定する(ステップS21)。

【0085】車両制御部1は、ステップS21にて確定した各トルク指令値をそれぞれ対応するモータ制御部へと出力し(ステップS22)、その後ステップS4に移行する。

【0086】従って、本実施形態では、タンデムサスペンション構造の各車輪のスリップ状態に応じて、制御状態が切り替わる。まず、タンデムサスペンション構造の2輪を1個の単位とすると、4個の車輪のうち1個のみがスリップしているときすなわちNS=1であるときには、スリップしていなければ当該スリップ輪にてさせるはずであったトルク指令が、このスリップ輪と同じ側にある他の駆動輪にて出力されることになる。また同様にNS=2であるときのうち、スリップ輪が左右に1個ずつ存在しているときには、左右1個ずつ残っている非スリップ輪にてトルク指令が実現される。さらに、NS=

2でありかつスリップ輪がいずれも左側(又は右側)にあるときには、TRC/ABS相当制御が実行される。更に、NS=3であるときや、NS=4であるときには、やはり、TRC/ABS相当制御が実行される。このように、本実施形態によれば、各車輪におけるスリップ又はその傾向の発生状況、特にスリップ輪の個数や位置に応じて、車両制御部1による各モータ出力の制御モードや各車輪に対するトルク配分比重を切り換え又は変更するようにしているため、インホイールモータ型の8輪駆動電気自動車において好適な8WD制御やTRC/ABS相当制御を実現し、走行安定性を維持改善することができる。

### (3) フェイルセーフ機構

上記のとおり、主要な電子制御ユニットは、制御信号用迂回幹線伝送路CRを介して接続されているので、伝送路等に障害が発生した場合にも制御系をバックアップでき、通常通りの制御を行うことができる。

【0087】信号伝送系は、図2に示すように電子制御ユニットを形成する車両制御部1、モータ制御部2、3、4、5、電池制御部A、充電制御部B、ブレーキ制御部C、ステアリング制御部22に設けられたノード(通信装置)に基づいて構成される。各ノード(通信装置)は、自ノードの識別子N1、N2、N3、N4、N5、N10、N11、N12、N13を記憶する自ノードID記憶手段N1b、N2b、N3b、N4b、N5b、N10b、N11b、N12b、N13bと、伝送路および迂回伝送路に接続されている隣接ノードの識別子を記憶する隣接ノードID記憶手段N1c、N2c、N3c、N4c、N5c、N10c、N11c、N12c、N13cと、ノードに送られてくるメッセージに基づき経路設定の処理を行う処理手段N1a、N2a、N3a、N4a、N5a、N10a、N11a、N12a、N13aとをそれぞれ有した複数のノードN1、N2、N3、N4、N5、N10、N11、N12、N13とそれらを接続する伝送路R1、R2、R3、R4、R5、R10、R11、R12、R13と迂回伝送路CR2、CR3、CR4、CR5、CR10、CR11、CR12、CR13と制御信号用迂回幹線伝送路CRからなり、発生した障害箇所を迂回して通信経路を設定する迂回経路設定方式をとっている。

【0088】上記迂回経路設定方式によれば、各ノードは接続された伝送路および迂回伝送路を介した隣接ノード間のポーリングにより、相手からの応答がないとき両者間の伝送路または迂回路伝送路における通信の障害として検出し、前記通信障害を検出したノードは、自己の識別子と、前記通信障害が検出された伝送路に接続された隣接ノードの識別子とを探索メッセージsとして送信し、前記探索メッセージを受信したノードは、前記探索メッセージ中の前記隣接ノードの識別子Dを自己の自ノードID記憶手段または隣接ノードID記憶手段に記憶

されている識別子と比較し、前記比較の結果、いずれも一致しなければ、前記探索メッセージを受信したノードは、前記探索メッセージを他のノードに中継し、一方、前記比較の結果、いずれかが一致すれば、前記探索メッセージを受信したノードは、迂回路設定のための応答メッセージrを前記通信障害を検出したノードに送り返す。

【0089】探索メッセージsや応答メッセージrは、送信信号のフレームの制御部に、探索メッセージや応答メッセージ等のメッセージ種類、送信元通信装置の識別子(ID)、送信元通信装置の識別子(ID)、障害関連通信装置の識別子(ID)、回線残り容量などをのせる。障害関連通信装置とは、障害を発生している通信装置または障害を発生している伝送路に接続された隣接の通信装置を指す。

【0090】車両制御部1のノードN1と各モータ制御部のノードNnとの間の伝送路が確保できたことを各ノードが検出すると、各ノードは自モータ制御部および自インバータをスタンバイ状態に設定する。伝送路を介して制御指令が入力したときには、自モータ制御部は自インバータを制御指令によって制御する。

〔事例(a)〕例えば、車両制御部1とモータ制御部2の間の信号伝送路R2で通信障害B1が発生した場合について、図1と図2を用いて説明する。

【0091】ノードN2は、接続された伝送路および迂回伝送路を介した隣接ノードN1間のボーリングにより、相手からの応答がないとき通信の障害として検出する。ノードN2の処理手段N2aは、信号フレームの制御部に、メッセージ種類が探索メッセージsであり、送信元通信装置の識別子がN2であり、障害関連通信装置の識別子がN1である旨の信号をのせてノードN13又はN3に送信する。

(a-1) まず、ノードN3を介した迂回路の設定について説明する。ノードN3は、この探索メッセージsを受信すると、処理手段N3aにおいて探索メッセージsから障害関連ノードの識別子N1を取り出し、この識別子N1を自ノードID記憶部N3bに記憶されたデータN3及び隣接ノードID記憶部N3cに記憶されたデータN1、N2、N10と比較する。この比較の結果、識別子N1が隣接ノードID記憶部N3cに記憶されたデータN1と一致するので、ノードN3がノードN2とノードN1との間の伝送路、即ち、迂回伝送路CR2→迂回幹線伝送路CR→迂回伝送路CR3→ノードN3→伝送路R3→伝送路R1と接続されるようにノードN2に応答メッセージrを送信するとともに、自己の経路切替え部に対して、伝送路R2を経由するノードN2への通信経路に代わってノードN3を経由してノードN2への迂回経路を設定することを指示する経路設定信号を送る。

【0092】応答メッセージrは、メッセージ種類が応

答メッセージであり、送信先ノードの識別子がN2であり、送信元ノードの識別子がN3である旨の信号を、信号フレームの制御部にのせた送信信号である。

【0093】一方、応答メッセージrを受信したノードN2は、応答メッセージrを受信すると、送信元通信装置の識別子がN3である旨の信号を取り出し、これに基づき迂回経路を設定すべき相手のノードを確認して、自己の経路切替え部に対して、上記の実施態様と同様にノードN3への迂回経路を設定することを指示する経路設定信号を送る。

(a-2) ノードN13を介した迂回路の設定について説明する。

上記(a-1)で説明した手順と同様の手順により、迂回伝送路CR2→迂回幹線伝送路CR→迂回伝送路CR13→ノードN13→伝送路R13→伝送路R1と接続される迂回路を形成する。

【0094】以上の2つの経路設定信号に基づき迂回経路が設定される。

〔事例(b)〕例えば、車両制御部1とモータ制御部2の間の信号伝送路R2でB1の通信障害および迂回幹線伝送路CRでB2の通信障害が発生した場合について、図1と図2を用いて説明する。

【0095】この場合には、上記(a-2)で説明した迂回路だけが設定でき、上記(a-1)で説明した迂回路は設定できない。

〔事例(c)〕例えば、車両制御部1とモータ制御部2の間の信号伝送路R2でB1の通信障害および迂回幹線伝送路CRでB2およびB3の通信障害が発生した場合について、図1と図2を用いて説明する。

【0096】この場合、B1、B2およびB3の通信障害発生により、ノードN2は車両制御部1への伝送路がすべてなくなったことを、所定時間内にボーリングに対する応答がないことによりノードN2が検出し、モータ制御部2のスタンバイモードを停止モードに変えインバータ10、10'を停止する。

【0097】車両制御部1は、所定時間内にノードN2からの応答がないことを検出し、ノードN2を伝送回路から切り離し、残りのノードを介してバックアップして残りのモータ制御部を制御する。

【0098】以下、車両制御部1と各制御部2、3、4、5、10、11、12、13との迂回路は上記した実施態様と同様に設定される。

【0099】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0100】(1) 走行安定性を向上できる電子制御を採用し、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪に電子制御のモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車を、特定の電子制御系に障害が発生して

も、迂回路を設定することにより、制御機能を維持したまま、車両の制御動作を継続することができる。

【0101】(2) 電子制御系にフェールセーフ機構を組み込んだので、車両制御を安定に行うことができる。つまり、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪にモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車において、走行安定性を向上できる制御を採用したので、各輪毎の支持荷重を少なくでき、それに見合うTRC又はABS制御ができるので、スリップ等を少なくすることができ、走行安定性を向上させることができる。また、非スリップ輪が車体の左側及び右側に少なくとも1個ずつあるときに、車体に新たなヨー方向モーメントが作用しないよう調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するようにしたため、ヨー方向モーメントの発生を防ぎながら8WDを実現でき、スリップ時における信頼性の高い走行安定性制御を実現することができる。

【0102】(3) 電子制御系にフェールセーフ機構を組み込んだので、車両制御を安定に行うことができる。つまり、タンデムホイール式サスペンションで支持される車輪系を有し、車輪全輪にモータを組み込んだインホイール式ドライブを備えた各駆動輪独立駆動型電気自動車において、走行安定性を向上できる制御を採用したので、スリップ等を少なくでき、走行安定性を向上させることができ、また、非スリップ輪が車体の左側に1個もないとき及び右側に1個もないときに、スリップ輪のスリップ状態に応じ調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するようにしたため、TRC/ABS相当制御を制動用流体の圧力操作のための部材なしで実現することができ、かつTRC/ABS相当制御が適切な状況下で動作するため、スリップ時における信頼性の高い走行安定性制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す電気自動車のシステム構成図である。

【図2】本発明の実施例を示す電気自動車の電子制御系のブロック図である。

【図3】本発明の実施例を示す車体速検出ステップを示すフローチャートである。

【図4】本発明の実施例を示す目標ヨーレート(すべり角度)適合制御ステップを示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施例を示すTRC/ABS制御ステップを示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施例を示す車両制御部の動作手順を示すフローチャートである。

【図7】電気動力自動車の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

- 1 車両制御部(CPU)
- 2, 3, 4, 5 モータ制御部(CPU)

- 6 バッテリ
- 9 電力センサ
- 10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13' インバータ
- 14 ブレーキセンサ
- 15 舵角センサ
- 16 シフトポジション(SP)スイッチ
- 17 アクセルセンサ
- 18 温度センサ
- 19 異常検知センサ
- 20 ブレーキペダル
- 21 マスタシリンダ
- A 電池制御部
- B 充電制御部
- C ブレーキ制御部
- 22 ステアリング制御部
- 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 モータ
- 40 右前部前輪RFF
- 41 右前部後輪RFR
- 42 左前部前輪LFF
- 43 左前部後輪LFR
- 44 右後部前輪RRF
- 45 右後部後輪RRR
- 46 左後部前輪LRF
- 47 左後部後輪LRR
- 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 回転位置センサ(SM)
- 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 ブレーキホイール(BW)
- VRFF, VRFR, VLFF, VLFR, VRRF, VRRR, VLRf, VLRR 車輪速
- TRF, TLF, TRR, TLR トルク指令
- CR 制御信号用迂回幹線伝送路
- CR2, CR3, CR4, CR5, CR10, CR11, CR12, CR13 迂回伝送路
- R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11, R12, R13 伝送路
- N1, N2, N3, N4, N5, N10, N11, N12, N13 ノード
- N1a, N2a, N3a, N4a, N5a, N10a, N11a, N12a, N13a 処理手段
- N1b, N2b, N3b, N4b, N5b, N10b, N11b, N12b, N13b 自ノードID記憶手段
- N1c, N2c, N3c, N4c, N5c, N10c, N11c, N12c, N13c 隣接ノードID記憶手段

【手続補正2】

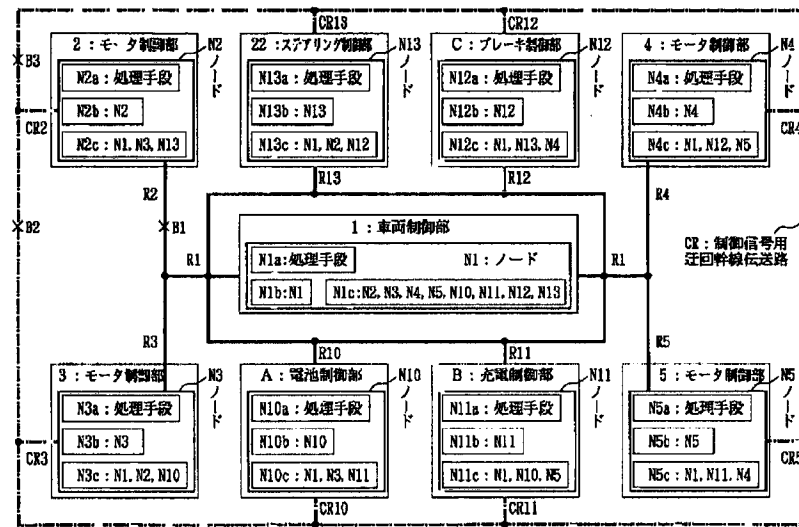
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正内容】

【補正方法】変更

【図2】



【手続補正3】

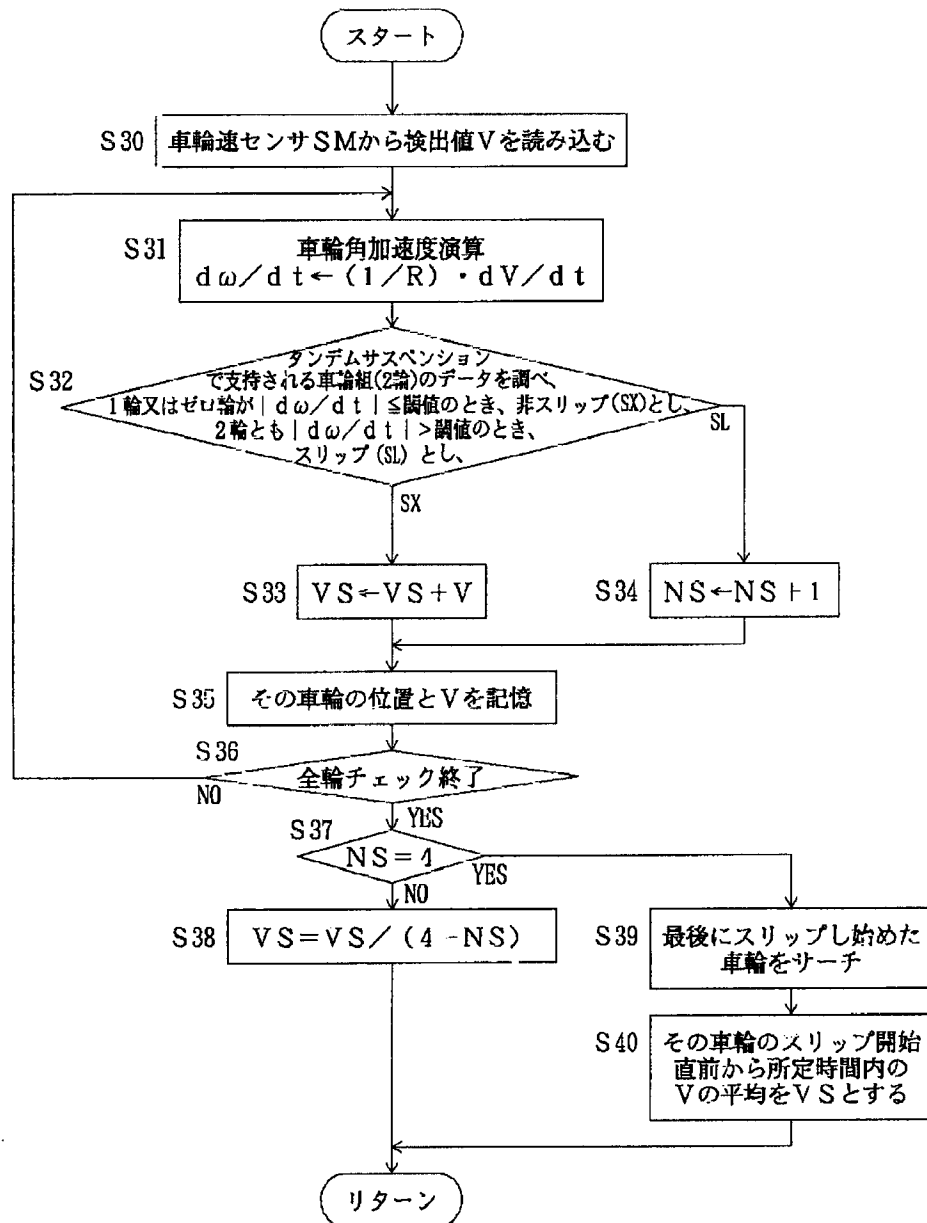
【補正方法】変更

【補正対象書類名】図面

【補正内容】

【補正対象項目名】図3

【図3】



【手続補正4】

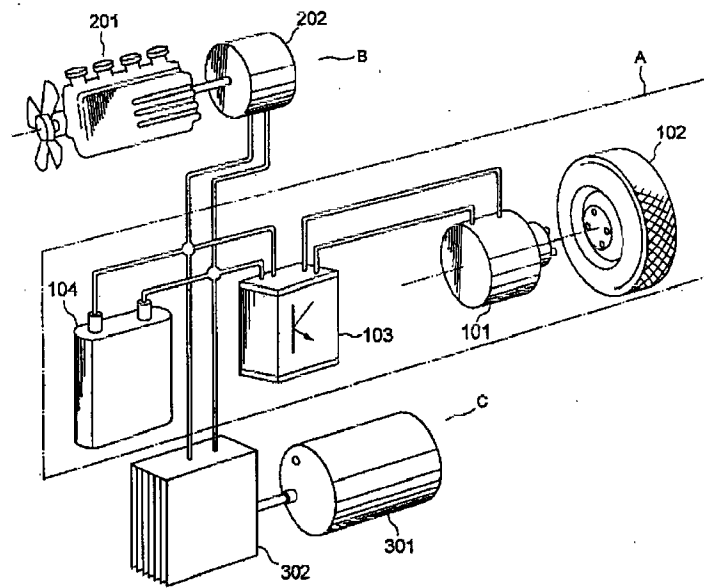
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(参考)
// B 6 2 D	101:00	B 6 2 D	103:00
	103:00		107:00
	107:00		113:00
	113:00		125:00
	125:00		137:00
	137:00	B 6 0 K	9/00
			ZHVE

Fターム(参考) 3D032 CC33 DA03 DA23 DA24 DA64  
 DA65 DA67 DA82 DA92 DA93  
 DA95 DB11 DC34 EB04 FF01  
 FF08 GG01  
 3D046 AA09 BB01 BB28 BB29 HH00  
 HH02 HH05 HH07 HH08 HH12  
 HH15 HH16 HH23 HH36 HH39  
 HH46 JJ01 LL05 MM04 MM13  
 5H115 PA08 PC06 PG04 PI16 PI22  
 PI29 PU01 PU26 PV03 PV09  
 QN02 QN05 QN08 SE03 TD15  
 TI05 TO30 TZ01